

**TUGAS AKHIR TK141581**

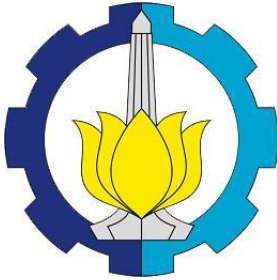
**PEMBUATAN FLOKULAN  
STARCH-g-POLYACRYLAMIDE  
DENGAN GRAFTING TO**

Akhmat Fauzi  
NRP 23121 100 152

Dosen Pembimbing  
Dr. Ir. Sumarno, M.Eng  
NIP. 1964 06 08 1991 02 1001

Prida Novarita T., ST., MT  
NIP. 1983 11 14 2015 04 2002

Departemen Teknik Kimia  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya 2017



**SKRIPSI – TK141581**

**PEMBUATAN FLOKULAN *STARCH-GRAFT-POLYACRYLAMIDE (ST-G-PAM)* DENGAN  
METODE GRAFTING TO**

**Akhmat Fauzi**

**NRP 23121 100 152**

**Dosen Pembimbing**

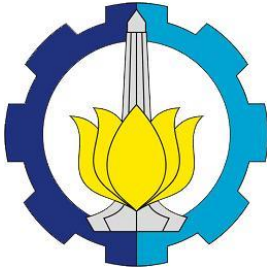
**Dr. Ir. Sumarno, M.Eng.**

**NIP. 1964 06 08 1991 02 1001**

**Prida Novarita T., S.T., M.T.**

**NIP. 1983 11 14 2015 04 2002**

**DEPARTEMEN TEKNIK KIMIA  
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA 2017**



**FINAL PROJECT – T K141581**

**SYNTHESIS OF FLOCCULANT STARCH-  
*GRAFT* -POLYACRYLAMIDE USING  
GRAFTING TO**

**Akhmat Fauzi**

**NRP 23121 100 152**

**Advisor**

**Dr. Ir. Sumarno, M.Eng.**

**NIP. 1964 06 08 1991 02 1001**

**PridaNovarita T., S.T., M.T.**

**NIP. 1983 11 14 2015 04 2002**

**CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA 2017**

## LEMBAR PENGESAHAN

### PEMBUATAN FLOKULAN *STARCH-g-POLYACRILAMIDE* DENGAN *GRAFTING TO*

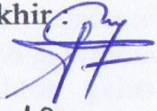
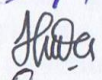
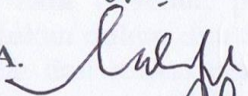

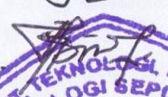
Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik pada Program Studi S-1 Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

**AKHMAT FAUZI**

**NRP 23121 100 152**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Dr. Ir. Sumarno, M. Eng.  (Pembimbing I)
2. Prida Novarita T., ST., MT.  (Pembimbing II)
3. Prof. Dr. Ir. Mahfud., DEA.  (Penguji I)
4. Hikmatun Nimah, S.T., M.S., Ph.D.  (Penguji II)
5. Siti Nurkhamidah, S.T., M.S., Ph.D.  (Penguji III)



Surabaya  
Juli, 2017

## PEMBUATAN FLOKULAN STARCH-g- POLYACRYLAMIDE DENGAN GRAFTING TO

**Nama** : 1. Akhmat Fauzi 23121 100 152  
**Jurusan** : Teknik Kimia FTI-ITS  
**Pembimbing** : 1. Dr. Ir. Sumarno, M.Eng  
2. Prida Novarita T., ST., MT

### ABSTRAK

Pencangkakan *polyacrylamide* pada *starch* dalam pembuatan flokulan non-ionik dengan metode *grafting to* diharapkan dapat menghasilkan flokulan yang memiliki sifat unggul dari bahan pembentuknya dan mampu memenuhi kebutuhan dalam negeri untuk proses pengolahan air. Perubahan persentase efisiensi graft (%GE, Grafting Efficiency), presentase yield graft (%GY, Grafting Yield) dan viskositas intrinsik *starch-g-polyacrylamide* dengan teknik polimerisasi larutan dipelajari pengaruhnya terhadap konsentrasi inisiator dan konsentrasi terminator. Pada sintesa *starch-g-polyacrylamide*, proses polimerisasi dilakukan dalam reaktor gelas yang dilengkapi pengaduk dengan teknik polimerisasi larutan menggunakan metode *grafting to*. Dengan cara tersebut, proses polimerisasi *starch-g-polyacrylamide* dilakukan dalam dua tahap, yaitu sintesa *non-terminated polyacrylamide* dan reaksi *coupling* antara *non-terminated polyacrylamide* dengan *starch*. Produk dipresipitasi menggunakan aseton berlebih. Produk yang dihasilkan kemudian dikeringkan di dalam oven pada suhu 70°C lalu ditumbuk dengan . Produk yang telah halus ini kemudian dianalisa. Karakteristik produk *starch-g-polyacrylamide* dianalisa menggunakan uji *Fourier transform infrared spectroscopy* (FTIR), *Scanning Electron Microscopy* (SEM), *Differential scanning calorimetry* (DSC), dan *X-ray powder diffraction* (XRD). Sementara pengaruh konsentrasi terminator dan inisiator terhadap %GE, %GY dan viskositas intrinsik dipelajari. Berdasarkan hasil FTIR, diketahui bahwa *starch-g-polyacrylamide* sudah terbentuk dari *starch* dan *polyacrylamide*. Sementara berdasarkan uji XRD

diperoleh *starch-g-polyacrylamide* tidak memiliki bentuk (amorf). Uji DSC menunjukkan bahwa *starch-g-polyacrylamide* memiliki temperatur transisi *melting* ( $T_m$ ) pada 158,59 °C. Hasil SEM menunjukkan bahwa *starch-g-polyacrylamide* memiliki permukaan kasar sebagai hasil kombinasi *starch* dan *polyacrylamide*. Pada variabel konsentrasi inisiator, %GE cenderung mengalami kenaikan hingga konsentrasi inisiator 0,162 M kemudian mengalami penurunan. Sementara %GY cenderung mengalami kenaikan hingga konsentrasi inisiator 0,216 M. Viskositas intrinsik juga mengalami kenaikan sampai konsentrasi inisiator 0,162 M kemudian mengalami penurunan. Untuk variabel konsentrasi terminator, %GE dan %GY cenderung naik hingga konsentrasi terminator 0,003633 M, kemudian mengalami penurunan. Viskositas intrinsik juga mengalami kenaikan sampai konsentrasi terminator 0,003633 M kemudian mengalami penurunan

**Kata kunci :** *Kopolimer graft, Acrylamide, Starch*

## **SYNTHESIS OF FLOCCULANT STARCH-G-POLYACRYLAMIDE USING GRAFTING TO**

**Name : 1. Akhmat Fauzi 23121 100 152**  
**Department : Chemical Engineering FTI-ITS**  
**Advisor : 1. Dr. Ir. Sumarno, M.Eng**  
**2. Prida Novarita T., ST., MT**

### **ABSTRACT**

Combination of starch and polyacrylamide in production of non-ionic flocculant using grafting to method are new development to produce flocculants with superior properties of the constituent materials and to fulfill the need of flocculant for the water treatment process. In this study, the change of % GE, % GY and the intrinsic viscosity of starch-g-polyacrylamide with solution polymerization techniques was studied. The effect of initiator concentration and terminator concentration was studied in this research. In the synthesis of starch-g-polyacrylamide, the polymerization process carried out in a glass reactor equipped with a stirrer with a solution polymerization using grafting to method. The polymerization process of starch-g-polyacrylamide carried out in two stages, namely the non-terminated polyacrylamide synthesis and coupling reactions between non-terminated polyacrylamide and starch. Product precipitated using excess acetone. The resulting product is dried in an oven at 70°C and then mashed. Products that have been refined are then analyzed. Characteristics of starch-g-polyacrylamide are analyzed using the test Fourier transform infrared spectroscopy (FTIR), Scanning Electron Microscopy (SEM), Differential scanning calorimetry (DSC), and X ray powder diffraction (XRD). Pursuant to result FTIR, known that St-g-Pam formed of starch and polyacrylamide. While based on result XRD, known that St-g-Pam have amorphous form. The DSC test showed that starch-g-polyacrylamide have a melting transition temperature at 158,59 °C. The SEM results show that starch-g-polyacrylamide

has a rough surface as result combination starch and polyacrylamide. At variable of concentration initiator, % GE tend to to go up until initiator concentration of 0,162 M, then subsequently decreased. Meanwhile % GY tend to to go up until initiator concentration of 0,216 M, then subsequently decreased. Intrinsic viscosity also increased until the initiator concentration of 0.162 M, then subsequently decreased. Meanwhile at variable of concentration terminator, % GE and % GY tend to to go up until terminator concentration of 0,003633 M, then subsequently decreased. Intrinsic viscosity also increased until the terminator concentration of 0,003633 M, then subsequently decreased.

**Keywords :** graft copolymer, acrylamide, starch.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT atas berkat, rahmat dan hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan skripsi dengan judul :

**“ PEMBUATAN FLOKULAN STARCH-g-  
POLYACRYLAMIDE DENGAN METODE GRAFTING TO ”**

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar kesarjanaan di Jurusan Teknik Kimia FTI-ITS. Atas segala bantuannya dalam pengerjaan skripsi ini, kami mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Juwari., ST., M.Eng., Ph.D selaku Ketua Departemen Teknik Kimia, FTI-ITS.
2. Dr. Ir. Sumarno, M.Eng selaku Dosen Pembimbing I dan Ketua Laboratorium Teknologi Material, Departemen Teknik Kimia, FTI-ITS
3. Ibu Prida Novarita T., S.T., M.T., selaku Dosen Pembimbing II atas dorongan semangat dan bimbingan selama saya menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Mahfud, DEA, ibu Hikmatun Ni'mah, S.T., M.S., Ph.D., dan ibu Siti Nurkhamidah S.T., M.S., Ph.D. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran, kritikan, dan masukan dari tahap proposal skripsi, poster paper, hingga seminar skripsi
5. Seluruh dosen, dan karyawan Departemen Teknik Kimia FTI-ITS.
6. Orang tua dan seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayang pada saya.
7. Semua rekan-rekan Laboratorium Material atas segala bantuannya.
8. Teman-teman K-52 yang telah memberikan bantuan selama pengerjaan skripsi ini.
9. Serta semua pihak yang terlibat dalam penyusunan skripsi ini hingga selesai.

Saya menyadari bahwa penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna, karena itu kami mengharapkan segala kritik dan saran yang bersifat membangun. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Surabaya, 20 Juli 2017

Penyusun

## DAFTAR ISI

Lembar Pengesahan	
Abstrak .....	i
Kata Pengantar .....	v
Daftar Isi .....	vii
Daftar Gambar .....	ix
Daftar Tabel .....	xi
Daftar Notasi .....	xiii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
I.1. Latar Belakang .....	1
I.2. Perumusan Masalah .....	5
I.3. Tujuan Penelitian .....	6
I.4. Manfaat Penelitian .....	6
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
II.1. Teori Polimerisasi .....	7
II.2. Struktur Penyusun Polimer .....	9
II.3. Metode Polimerisasi .....	10
II.4. Kopolimerisasi Graft ( <i>Graft Copolymer</i> ) .....	10
II.5. Kopolimerisasi <i>Starch-g-Polyacrylamide</i> .....	13
II.6. Karakterisasi dan Properties Kopolimer Graft .....	21
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN</b>	
III.1. Pendahuluan .....	25
III.2. Bahan .....	26
III.3. Variabel Penelitian .....	27
III.4. Peralatan Penelitian .....	27
III.5. Prosedur Penelitian .....	29
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
IV.1 Uji Karakteristik <i>Starch-g-Polyacrylamide</i> .....	35
IV.2 Properties <i>Starch-g-Polyacrylamide</i> .....	45
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN</b>	
V.1 Kesimpulan .....	51
V.2 Saran .....	52
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	
<b>LAMPIRAN A</b>	

LAMPIRAN B  
LAMPIRAN C

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Struktur penyusun polimer.....	10
Gambar 2.2. Teknik polimerisasi larutan.....	11
Gambar 2.3. Struktur acrylamide dan polyacrylamide.....	16
Gambar 2.4. Struktur starch.....	16
Gambar 2.5. Struktur dari : (a) amylose (b) amylopectin.....	17
Gambar 3.1. Skema garis besar penelitian.....	25
Gambar 3.2. Peralatan sintesa <i>starch-g-ployacrylamide</i> .....	28
Gambar 3.3. Skema prosedur sintesis <i>non-terminated polyacrylamide</i> .....	29
Gambar 3.4 Sintesa <i>starch-g-polyacrylamide</i> .....	31
Gambar 4.1. Perbandingan spektrum IR untuk <i>starch</i> , <i>polyacrylamide</i> , dan <i>starch-g-polyacrylamide</i> .....	36
Gambar 4.2. Perbandingan pola difraktogram untuk <i>starch</i> , <i>polyacrylamide</i> , dan <i>starch-g-polyacrylamide</i> .....	38
Gambar 4.3. Termogram DSC untuk <i>Starch</i> .....	40
Gambar 4.4. Termogram untuk <i>Polyacrylamide</i> .....	41
Gambar 4.5. Termogram untuk <i>Starch-g-Polyacrylamide</i> .....	42
Gambar 4.6. Perbandingan termogram DSC untuk <i>starch</i> , <i>polyacrylamide</i> , dan <i>starch-g-polyacrylamide</i> .....	42
Gambar 4.7. Hasil SEM DSC untuk <i>starch</i> , <i>polyacrylamide</i> , dan <i>starch-g-polyacrylamide</i> .....	44
Gambar 4.8 Kurva Pengaruh Konsentrasi Inisiator Terhadap%GE dan %GY.....	45
Gambar 4.9 Kurva Pengaruh Konsentrasi Terminator Terhadap%GE dan %GY.....	46
Gambar C.1. Hasil analisa FTIR pada <i>starch</i> .....	73
Gambar C.2. Hasil analisa FTIR pada <i>polyacrylamide</i> .....	73
Gambar C.3. Hasil analisa FTIR <i>starch-g-polyacrylamide</i> .....	74
Gambar C.4. Hasil analisa XRD pada <i>starch</i> .....	74
Gambar C.5. Hasil analisa XRD pada <i>polyacrylamide</i> .....	75
Gambar C.6. Hasil analisa XRD <i>starch-g-polyacrylamide</i> .....	75
Gambar C.4. Hasil analisa DSC pada <i>starch</i> .....	76
Gambar C.5. Hasil analisa DSC pada <i>polyacrylamide</i> .....	76

Gambar C.6. Hasil analisa DSC *starch-g-polyacrylamide*.....77

## DAFTAR TABEL

Tabel B.1.1. Tabel B.1.1 Perhitungan %GE dan %GY untuk Variabel Konsentrasi Inisiator.....	59
Tabel B.1.2. Perhitungan %GE dan %GY untuk Variabel Konsentrasi Terminator.....	60
Tabel B.2.1.1. Hasil pengukuran waktu untuk variabel konsentrasi inisiator.....	60
Tabel B.2.1.2. Hasil perhitungan viscositas inherent untuk konsentasi inisiator 0,054 M.....	62
Tabel B.2.1.3. Hasil perhitungan viscositas inherent untuk konsentasi inisiator 0,100 M.....	62
Tabel B.2.1.4. Hasil perhitungan viscositas inherent untuk konsentasi inisiator 0,184 M.....	63
Tabel B.2.1.5. Hasil perhitungan viscositas inherent untuk konsentasi inisiator 0,162 M.....	63
Tabel B.2.1.6. Hasil perhitungan viscositas inherent untuk konsentasi inisiator 0,216 M.....	64
Tabel B.2.1.7. Hasil perhitungan viscositas inherent untuk konsentasi inisiator 0,270 M.....	64
Tabel B.2.1.8. Hasil perhitungan viscositas inherent untuk konsentasi inisiator 0,324 M.....	65
Tabel B.2.1.9. Viscositas instrinsik untuk variabel konsentrasi inisiator.....	65
Tabel B.2.2.1. Hasil pengukuran waktu untuk variabel konsentrasi terminator.....	66
Tabel B.2.2.2. Hasil perhitungan viscositas inherent untuk konsentasi terminator 0,00186 M.....	67
Tabel B.2.2.3. Hasil perhitungan viscositas inherent untuk konsentasi terminator 0,002271.....	68
Tabel B.2.2.4. Hasil perhitungan viscositas inherent untuk konsentasi terminator 0,002725.....	68
Tabel B.2.2.5. Hasil perhitungan viscositas inherent untuk konsentasi terminator 0,003179M.....	69

Tabel B.2.2.6. Hasil perhitungan viscositas inherent untuk konsentasi terminator 0,003633M.....	69
Tabel B.2.2.7. Hasil perhitungan viscositas inherent untuk konsentasi terminator 0,004087 M.....	70
Tabel B.2.2.8. Hasil perhitungan viscositas inherent untuk konsentasi terminator 0,004541 M.....	70
Tabel B 2.2.9. Viscositas instrinsik untuk variabel konsentrasi inisiator.....	71



## DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
c	Konsentrasi Polimer	gram/dL
T <sub>cr</sub>	Suhu <i>coupling reaction</i>	°C
t <sub>cr</sub>	Waktu <i>coupling reaction</i>	jam
W <sub>1</sub>	Berat <i>starch</i>	gram
W <sub>2</sub>	Berat <i>starch-g-polyacrylamide</i>	gram
W <sub>3</sub>	Berat <i>acrylamide</i>	gram
W <sub>4</sub>	Berat <i>starch</i> real yang mengalami <i>grafting</i>	gram
W <sub>5</sub>	Berat hasil presipitasi analisa % GY	gram
W <sub>6</sub>	Berat kertas saring	gram
W <sub>7</sub>	Berat hasil presipitasi + kertas saring	gram
W <sub>8</sub>	Berat produk yang dianalisa % GY	gram
% GE	% Grafting efficiency	-
% GY	% Grafting yield	-
η relatif	Viskositas relatif	-
η spesifik	Viskositas spesifik	-
η reduced	Viskositas <i>reduced</i>	dL/g
η inherent	Viskositas <i>inherent</i>	dL/g
[η]	Viskositas intrinsik	dL/g
ρ	Berat Jenis	Kg/L
BM	Berat Molekul	gram/mol

Halaman ini sengaja dikosongkan

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1.Latar Belakang

Sumber daya alam di Indonesia sangat melimpah, salah satunya adalah dari perkebunan. Hasil perkebunan terbesar di Indonesia berupa umbi-umbian seperti ketela pohon, ubi, beras, jagung, kentang, dan lain-lain. Dari umbi-umbian tersebut akan dihasilkan starch yang dimanfaatkan dalam berbagai macam, antara lain adalah sebagai bahan pangan, dan bahan baku industri seperti tepung tapioka, glukosa, *edible coating* dan lain-lain.

*Starch* merupakan polimer alami yang dapat diperbarui (*renewable*), bersifat *biodegradable* dan kaku (*shear stable*). Sifat *biodegradable* pada polimer alami menjadi kelebihan sekaligus kekurangannya, yaitu dapat mengurangi umur penyimpanan sehingga menurunkan efisiensi karena menurunnya berat molekul (Singh, dkk, 2000). *Starch* termasuk dalam jenis polisakarida yang dapat dimanfaatkan sebagai flokulan untuk proses flokulasi. Flokulasi merupakan tahap awal pada proses pemisahan *solid-liquid* untuk mendapatkan air bersih. Flokulasi bertujuan untuk menghilangkan padatan tersuspensi, *turbidity*, warna, dan mikroorganisme. Penambahan flokulan menyebabkan terjadinya penetralan muatan dengan mengikuti mekanisme *bridging* yang kemudian bergabung membentuk flok sehingga akhirnya dapat diendapkan. Flokulan berfungsi sebagai pembentuk partikel yang lebih besar (Singh, dkk, 2000).

Sejak pengenalan flokulan sintesis yang dapat larut air pada awal tahun 1950-an, penggunaan bahan ini semakin luas pada berbagai operasi pemisahan *solid-liquid* dalam dunia industri, seperti proses sedimentasi, klarifikasi, filtrasi, dan flotasi, (Moudgil & Behl, 1995). flokulan sintetik lebih efektif daripada yang alami karena tidak dipengaruhi oleh pH media, flok yang terbentuk lebih besar, lebih kuat dan *settling*-nya lebih

baik. Efisiensi flokulasi polimer meningkat seiring dengan meningkatnya berat molekul (Odion, 1991). Akan tetapi, flokulan sintetis bersifat *non renewable* dan saat ini Indonesia lebih banyak impor untuk memenuhi kebutuhan dalam negeri sehingga penggunaannya kurang ekonomis.

*Polyacrylamide* merupakan salah satu bentuk flokulan sintetis yang sering dipakai karena mempunyai daya ikat kuat terhadap partikel yang tersuspensi dalam air, akan tetapi tidak tahan terhadap gesekan mekanis (*unshear stable*) dan *unbiodegradable* (Rath & Singh, 1997). Contoh polimer sintetis lain yang digunakan sebagai agen pengendap adalah *poly(acrylic acid)*, *poly(diallyldimethyl ammonium chloride)* dan *poly(styrenic sulfonic acid)*, (Nayak, dkk, 2002).

Dengan melihat kelebihan dan kekurangan dari polimer alami dan sintetis, maka akan lebih bermanfaat apabila keduanya dipadukan menjadi material baru. Diharapkan material baru ini memiliki sifat unggul dari bahan pembentuknya dan dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri untuk proses pengolahan air. Metode yang dapat digunakan untuk memadukan dua monomer atau polimer adalah kopolimerisasi.

Salah satu jenis kopolimerisasi adalah kopolimerisasi *graft* yang merupakan teknik untuk memodifikasi sifat kimia dan sifat fisika dari polimer alami dan sintetis, (Tripathy, dkk, 1998). Kopolimerisasi *graft* dapat dilakukan dengan cara menumbuhkan atau menggabungkan polimer sintetis pada *backbone* polimer alami. *Backbone* merupakan rantai utama sedangkan rantai cabangnya disebut *graft*. Polisakarida ter-*graft* digunakan sebagai agen pereduksi gesekan turbulen (Desmukh, 1991; Singh, 1992; Desmukh, 1986), bahan pembantu dalam aplikasi *recovery* minyak (Pledger, 1985), dan juga sebagai flokulan (Karmakar, 1986). Terdapat tiga macam metode kopolimerisasi *graft* yaitu *Grafting From*, *GraftingTo* dan *GraftingThrough*. Metode *graftingfrom* adalah metode di mana polimer *backbone* membawa *site* aktif yang digunakan untuk mencangkokkan monomer. Metode ini dilakukan dengan cara menumbuhkan atau

mempolimerisasi monomer *acrylamide* pada *site* aktif *backbone starch*. Sintesa kopolimer *graft* dengan metode ini sangat efisien, akan tetapi biasanya tidak memungkinkan untuk memprediksi struktur kopolimer *graft* dan panjang rantai *graft* bervariasi karena melibatkan reaksi penggabungan sekaligus penumbuhan monomer pada polimer *backbone* (Rath & Singh, 1997). Metode *grafting to* adalah polimer *backbone* yang bereaksi dengan polimer lain yang membawa *site aktif*. Pada metode ini polimer *backbone* dan polimer *graft* disintesa secara terpisah, sehingga reaksi yang terjadi hanya reaksi penggabungan (*coupling reaction*) polimer *graft* pada polimer *backbone*. Metode ketiga adalah *grafting through*, yaitu adanya makromer dengan berat molekul rendah dan *site* yang tidak jenuh. Polimer yang sedang tumbuh dapat bereaksi pada *site* yang tidak jenuh menghasilkan kopolimer *graft* (Hernandez, dkk, 1997).

Beberapa penelitian yang telah dilakukan oleh peneliti terdahulu antara lain: Desmukh (1991) meneliti tentang sintesa kopolimer *graft* antara *Carboxy Methyl Cellulose* (CMC) dan *Starch* dengan PAM yang kemudian menganalisa sifat-sifat *drag reduction*, *shear stability*, dan *bioderadability*. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa *grafting* mampu meningkatkan keefektifan *drag reduction* dan *shear stability*. Hal tersebut dipengaruhi oleh panjang dan jumlah *graft* polimer. Shaojie, dkk. (2003), melakukan sintesa *Starch-graft-Polyacrylamide* kationik dengan polimerisasi inversi emulsi dan reaksi *Manich*, menyimpulkan bahwa konsentrasi inisiator, konsentrasi monomer, konsentrasi *starch*, dan temperatur reaksi mempengaruhi %GE (*grafting efficiency*) dan %GY (*grafting yield*). Rendy dan Rozy (2004) meneliti bahwa sintesa *Starch-graft-Polyacrylamide* dapat dilakukan dengan metode *grafting to*, di mana dengan metode ini, panjang rantai polimer dapat dikontrol. Penelitian ini juga menunjukkan bahwa kinerja flokulasi dari *Starch-graft-Polyacrylamide* lebih baik daripada flokulan homopolimer komersial. Dina dan Nuril (2005), yang melakukan sintesa *Starch-graft-Polyacrylamide* dengan metode *grafting from* dan

*grafting to* juga menghasilkan viskositas intrinsik dari metode *grafting to* lebih besar daripada metode *grafting from*. Erny, Roika, dan Erna (2005), melakukan sintesa *Starch-graft-Polyacrylamide* dengan metode *grafting to* dengan teknik polimerisasi larutan dan inversi emulsi dan mengamati pengaruh waktu dan suhu reaksi *coupling* terhadap jumlah rantai *graft* pada *backbone starch*. Lelywati (2005), meneliti tentang pembuatan flokulan non-ionik dari *starch* dan *acrylamide* dengan metode *grafting to* menggunakan teknik polimerisasi larutan dan inversi emulsi dan mengamati pengaruh konsentrasi monomer *acrylamide* dan konsentrasi inisiator terhadap panjang rantai *graft* pada *backbone starch*. Penelitian ini memberikan hasil bahwa viskositas intrinsik yang lebih tinggi dicapai dengan metode inversi emulsi daripada metode larutan. Mufidatul dan Willett dan Finkenstadt (2005) meneliti sintesa kopolimer *graft* antara polyacrylamide (Paam) dan *Starch* dengan tiga inisiator berbeda, antara lain ammonium persulfat (APS), ceric amonium nitrat (CAN), dan besi amonium sulfat/hydrogen peroksida (FAS/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>). Hasil yang diperoleh menunjukkan APS memberikan %GE dan %GY paling tinggi dibawah FAS/H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> dan CAN. Sementara CAN memberikan %GE dan %GY paling rendah. Lulik (2006) melakukan sintesa *Starch-graft-Polyacrylamide* dengan metode *grafting to* menggunakan metode polimerisasi larutan dan gas nitrogen dengan kemurnian tinggi untuk mendapatkan *Starch-graft-polyacrylamide* dengan karakteristik yang lebih baik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemurnian gas nitrogen tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kualitas *Starch-graft-Polyacrylamide* yang dihasilkan. Mishra, Sutar, Singhal, dan Banthia (2011) meneliti sintesa kopolimer *graft* antarpolyacrylamide (Paam) danpektin. Hasil yang diperoleh menunjukkan ketahanan gaya gesek pectin meningkat setelah grafting. El Sayed, Doria, dan Eman (2011) meneliti sintesa kopolimer *graft* antara polyacrylamide (Paam) dan *Starch* dengan inisiator redoks besi amonium sulfat and hydrogen peroksida dibawah radiasi cahaya tampak. Hasil yang

diperoleh menunjukkan penggunaan radiasi cahaya tampak menghasilkan persentase %GE lebih tinggi dari pada tanpa radiasi cahaya tampak. Wei, Nuozi dan Xingxun (2012) meneliti pengaruh kandungan amilosa dan amilopektin pada sintesa kopolimer graft antara polyacrylamide (Paam) dan starch jagung. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa rasio grafting meningkat seiring kenaikan kandungan amilosa. Sementara kenaikan amilopektin menyebabkan panjang rantai *graft* semakin pendek. Mujtahid Kaavessina (2015) meneliti pengaruh konsentrasi inisiator dan terminator dan pada pembuatan *Starch-g-polyacrylamide* menggunakan pati talas. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kenaikan konsentrasi inisiator menyebabkan kenaikan %GY, dan viskositas intrinsik. Sementara konsentrasi kenaikan terminator menyebabkan penurunan %GY, viskositas intrinsik.

Sintesa *Starch-graft-Polyacrylamide* telah dilakukan dengan metode *grafting to* dengan teknik polimerisasi larutan dan inversi emulsi. Flokulan sintetik hasil sintesa kedua metode tersebut memiliki kemampuan flokulasi yang hampir sama. Namun demikian, teknik polimerisasi inversi emulsi lebih rumit dan mahal daripada teknik polimerisasi larutan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk mendapatkan flokulan *Starch-graft-Polyacrylamide* dengan metode polimerisasi larutan.

## **I.2.Perumusan Masalah**

Mekanisme pembuatan rantai *graft* atau *polyacrylamide* yang umum adalah menggunakan polimerisasi radikal bebas yang mempunyai tiga tahapan proses, diantaranya inisiasi, propagasi dan terminasi (Caulfield, dkk, 2002). Proses inisiasi adalah proses pembentukan radikal bebas dari inisiator. Keberhasilan sintesa kopolimer *graft* sangat dipengaruhi oleh proses inisiasi yaitu proses pembentukan radikal bebas untuk membentuk *nonterminated-Polyacrylamide* dan *coupling reaction*. Inisiator merupakan pembentuk radikal bebas sebagai pemicu terjadinya

proses polimerisasi. Presentase polimer yang tumbuh atau bergabung dalam *backbone starch* dievaluasi dengan menghitung persentase *grafting* (%GE, %GY)

Terminasi merupakan langkah penghentian proses polimerisasi. Terminasi terjadi ketika sisi aktif terminator bereaksi dengan sisi aktif lain. Hal ini mengakibatkan berkurangnya pergerakan molekular sehingga semua monomer dan polimer tetap pada tempatnya, (Ward, dkk, 2002). Proses terminasi dapat terjadi melalui dua mekanisme, yaitu *coupling* dan disproporsionasi.

Tidak semua makroradikal terangkakan pada *backbone starch*. Sisa makroradikal tersebut dapat bergabung membentuk homopolimer melalui mekanisme *coupling* ataupun tetap bertahan sebagai makroradikal. Konsentrasi inisiator dan terminator yang digunakan dapat mempengaruhi makroradikal yang terangkakan pada *backbone starch*. Maka dari itu perlu diketahui pengaruh konsentrasi inisiator dan terminator pada sintesis *Starch-graft-Polyacrylamide*.

### **I.3. Tujuan Penelitian**

Dari perumusan masalah di atas diketahui bahwa tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Mempelajari karakteristik *Starch-graft-Polyacrylamide* yang dihasilkan dengan menggunakan analisa FTIR, XRD, DSC dan SEM.
2. Mempelajari pengaruh konsentrasi inisiator dan konsentrasi terminator terhadap perubahan %GE, %GY, dan viskositas instrinsik *starch-graft-polyacrylamide* dengan teknik polimerisasi larutan.

### **I.4. Manfaat Penelitian**

Manfaat dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan flokulan yang lebih baik dan ramah lingkungan.



## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

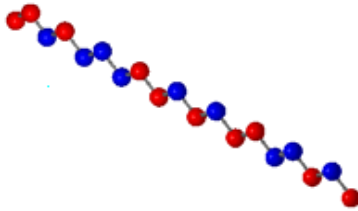
#### **II.1. Teori Polimerisasi**

Polimer adalah molekul rantai panjang yang tersusun oleh sejumlah besar unit pengulangan yang mempunyai struktur identik (monomer). Polimer dapat diklasifikasikan menurut beberapa kelompok. Berdasarkan strukturnya, polimer dikelompokkan menjadi polimer linier (lurus), bercabang, dan polimer jaringan tiga dimensi atau sambung silang. Berdasarkan sifat termalnya, polimer diklasifikasikan menjadi dua yaitu *thermoplastic polimer* dan *thermoset polimer*. *Thermoplastic polimer* adalah polimer yang dapat melunak setelah dipanaskan dan kembali lagi ke struktur asalnya setelah didinginkan. Sedangkan *thermoset polimer* adalah polimer yang tidak mudah melunak dan tidak kembali ke struktur asalnya setelah dipanaskan (Kumar dan Gupta, 1998).

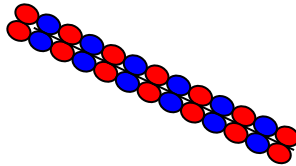
Klasifikasi polimer berdasarkan strukturnya dibagi menjadi dua bagian, yaitu homopolimer dan kopolimer. Polimer yang tersusun atas satu jenis monomer disebut homopolimer, sedangkan polimer yang tersusun atas dua jenis monomer disebut kopolimer. *Polyacrylamide* termasuk pada jenis homopolimer karena hanya mengandung *acrylamide* sebagai monomer (Kumar dan Gupta, 1998).

Kopolimer adalah polimer yang terdiri dari 2 jenis monomer di dalam *repeating unit* rantai polimernya. Berdasarkan pengaturan monomer pada rantai polimer, kopolimer dibedakan menjadi empat macam, yaitu:

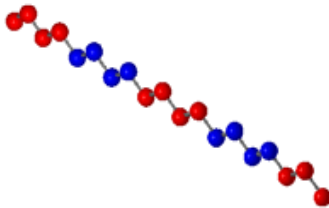
- *Random copolymer* (-A-A-B-A-B-B-B-A-A-B-)



- *Alternating copolymer* (-A-B-A-B-A-B-A-B-A-B-)

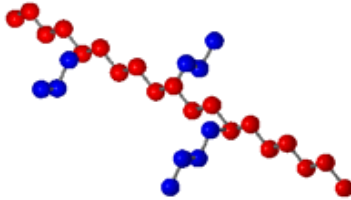


- *Block copolymer* (-A-A-A-A-B-B-B-B-A-A-)



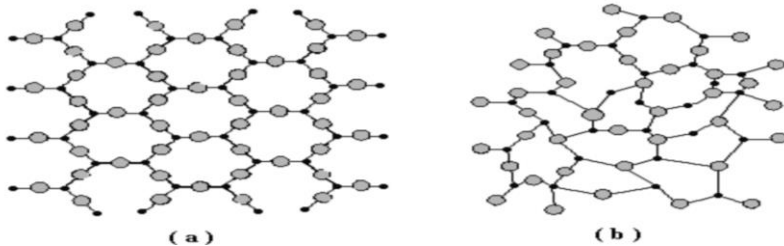
- *Graft copolymer* (-A-A-A-A-A-A-A-A-A-A-)
 

B  
 B  
 B  
 B  
 B  
 B  
 B



## II.2. Struktur Penyusun Polimer

Ditinjau dari struktur molekul penyusunnya, bahan polimer dibedakan menjadi tiga yaitu polimer kristalin, polimer *amorf* dan polimer semikristalin. Pada polimer kristalin, molekul penyusunnya mempunyai struktur tetap dan penyusunnya tersusun secara teratur dalam pola tiga dimensi. Pola-pola ini berulang secara periodik dalam rentang yang panjang tak berhingga. Semakin banyak struktur kristalin pada polimer, maka material tersebut akan semakin kaku, sebab struktur kristalin sangat rapat dan teratur sehingga kekuatannya tinggi. Akibatnya polimer kristalin memiliki transisi cair pada temperatur sangat tinggi. Transisi kristalin ini terjadi pada temperatur tertentu yang disebut *temperature melting* ( $T_m$ ). Ketika mencapai temperatur ini, polimer akan mengalami perubahan fase menjadi cair (Kumar dan Gupta, 1998).



Gambar 2.1. Struktur penyusun polimer: (a) susunan molekul kristal, (b) susunan molekul amorf

Polimer *amorf* menyerupai pola hampir sama dengan polimer kristal, akan tetapi pola susunan molekul-molekul yang dimiliki tidak teratur. Polimer *amorf* terbentuk karena proses pendinginan yang terlalu cepat sehingga atom-atom tidak dapat dengan tepat menempati lokasi kisinya. Salah satu keunikan yang dimiliki polimer *amorf* adalah adanya transisi gelas. Transisi gelas ini terjadi pada temperatur tertentu yang disebut temperatur transisi gelas ( $T_g$ ) dan berbeda untuk setiap polimer *amorf*. Ketika suatu polimer berada pada kondisi di bawah temperatur transisi gelas miliknya, polimer *amorf* akan menjadi keras namun rapuh seperti gelas. Dan sebaliknya, apabila berada pada kondisi di atas nilai  $T_g$  polimer akan plastis dan fleksibel (Kumar dan Gupta, 1998).

Selain polimer kristalin dan amorf, juga terdapat polimer semikristalin. Polimer kristalin memiliki sifat kristal dan amorf. Sesuai namanya, polimer semikristalin memiliki daerah kristalin yang terdispersi dalam struktur amorf. Adanya susunan kristal dan amorf menyebabkan polimer semikristalin memiliki empat titik transisi yakni titik transisi kaca ( $T_g$ ), titik kristalisasi ( $T_c$ ), titik leleh ( $T_m$ ), dan titik dekomposisi ( $T_d$ ).

### II.3. Metode polimerisasi

Metode polimerisasi dilakukan sesuai dengan sifat monomer dan polimer yang dihasilkan, jenis reaksi dan spesifikasi polimer yang diinginkan. Selain itu metode yang

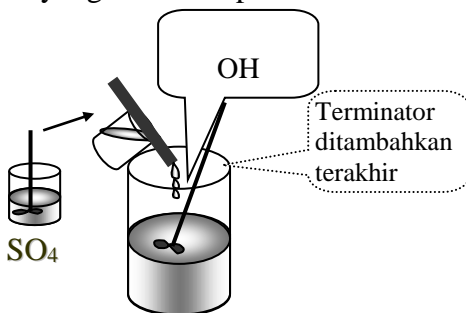
dipakai juga harus mempertimbangkan masalah teknisnya seperti perpindahan panas, pengadukan dan perlakuan produk. Beberapa metode pembuatan polimer yang umum diaplikasikan antara lain : polimerisasi ruah (*bulk*), polimerisasi larutan (*solution*), polimerisasi suspensi, dan polimerisasi emulsi (Kumar dan Gupta, 1998).

- **Polimerisasi Ruah (*Bulk*)**

Polimerisasi ini dilakukan dengan mereaksikan monomer-monomernya dalam keadaan murni baik gas maupun cairan dengan bantuan inisiator. Polimerisasi ini merupakan jenis yang paling sederhana dilihat dari segi formulasi dan peralatan, tetapi juga paling sulit dikontrol, terutama ketika reaksi polimerisasi tersebut sangat eksotermik.

- **Polimerisasi Larutan.**

Polimerisasi ini dilakukan dengan cara melarutkan monomer-monomer ke dalam pelarut yang sesuai sebelum reaksi polimerisasi berlangsung. Pemilihan pelarut sangat penting karena mempengaruhi berat molekulnya serta memungkinkan transfer panas yang efisien. Metode ini paling tepat untuk aplikasi dimana larutannya bisa digunakan secara langsung, seperti untuk bahan perekat atau cat yang memakai pelarut.



Gambar 2.2. Teknik polimerisasi larutan

- **Polimerisasi suspensi**

Polimerisasi ini dilakukan dengan cara membuat suspensi monomer yang akan direaksikan dalam suatu pelarut dengan bantuan pengadukan sehingga terbentuk tetesan-tetesan monomer. Inisiator yang dipakai dilarutkan dalam pelarut dan terjadi polimerisasi ruah dalam tetesan-tetesan kecil tersebut. Panas reaksi yang terbentuk dapat diserap oleh *solvent* dan polimer yang terbentuk berupa butiran kecil sehingga mudah dalam penanganannya.

- **Polimerisasi Emulsi**

Blackley dalam bukunya *Emulsion Polymerization* mengemukakan dua definisi dari polimerisasi emulsi :

1. Proses polimerisasi adisi dimana beberapa inti propagasi bersama-sama terisolasi dari yang lainnya.
2. Proses polimerisasi adisi yang dihasilkan melalui mekanisme misel.

Polimerisasi emulsi menyerupai polimerisasi suspensi. Namun perbedaannya adalah pada polimerisasi suspensi, polimerisasi terjadi pada fase monomer atau organik, sedangkan pada emulsi, polimerisasi terjadi pada fase air atau medianya.

Pada polimerisasi emulsi, monomer didispersikan dalam air oleh suatu bahan pengemulsi. Radikal-radikal inisiator dihasilkan dalam fase air dan berdifusi ke dalam misel-misel bahan pengemulsi yang telah tergebung dengan molekul-molekul monomer. Ketika monomer dipakai dalam reaksi polimerisasi, maka lebih banyak lagi monomer yang berpindah ke dalam misel-misel, dan dengan demikian reaksinya pun berlanjut (Kumar dan Gupta, 1998).

Penghentian polimerisasi terjadi melalui kombinasi radikal ketika suatu radikal baru berdifusi ke dalam misel tersebut. Karena hanya satu radikal hadir dalam misel sebelum terminasi, maka polimer dengan berat molekul yang tinggi bisa diperoleh.

Untuk polimerisasi *inverse emulsi* merupakan kebalikan dari sistem emulsi. Pada polimerisasi *inverse emulsi*, monomer dilarutkan dalam fase air kemudian didispersikan dalam fase minyak/nonair. Mekanisme polimerisasinya mirip dengan teknik polimerisasi pada polimerisasi emulsi.

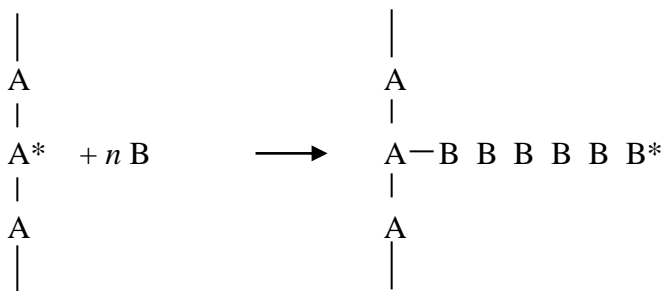
#### II.4. Kopolimer Graf (*Graft Copolymer*)

Kopolimer graf (*graft copolymer*) adalah polimer tinggi (*high polymer*), yang molekul-molekulnya terdiri dari dua atau lebih bagian polimerik dengan komposisi yang berbeda dan bergabung bersama secara kimia. Kopolimerisasi graf bertujuan mengubah sifat struktur dari polimer-polimer pembentuk dengan cara pencangkokan sehingga menjadi sifat struktur lebih baik sesuai yang diinginkan.

Ada tiga metode kopolimer graf yaitu metode *grafting from*, *grafting to*, dan *grafting through*.

##### A. Metode *Grafting From*

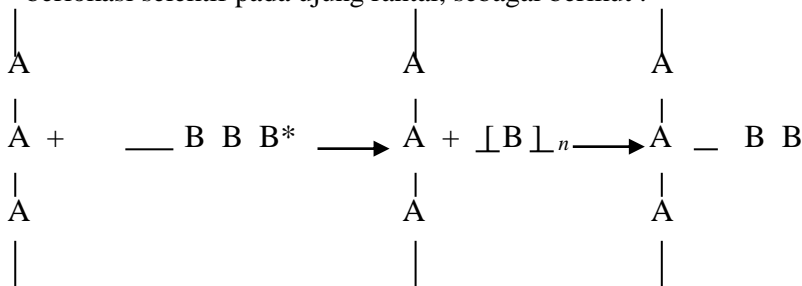
Metode *grafting from* yaitu polimer backbone membawa *site* aktif yang digunakan untuk menginisiasi polimerisasi monomer. Tergantung pada pembawaan inisiator, *site* yang diciptakan pada backbone bisa tipe radikal bebas, anion, atau *Ziegler-Natta*. Metode ini didasarkan pada fakta bahwa backbone disintesa terlebih dahulu dan rantai graf diciptakan di atasnya pada tahap polimerisasi kedua, sebagai berikut :



Proses ini efisien akan tetapi mempunyai kerugian yaitu biasanya tidak mungkin memprediksi struktur molekular dari kopolimer graf dan jumlah graf yang terbentuk. Panjang rantai graf mungkin bervariasi.

### B. Metode *Grafting To*

Metode *grafting to* yaitu polimer backbone bereaksi dengan polimer lain yang membawa gugus fungsional reaktif, berlokasi selektif pada ujung rantai, sebagai berikut :



Pada metode ini, *grafting* tidak melibatkan reaksi rantai dan terbaik dilakukan dalam *solvent* umum yang homogen. Keuntungan dari metode ini adalah bisa melakukan karakterisasi struktural dari kopolimer graf yang terbentuk karena rantai *backbone* dan graf disintesa secara terpisah. Jika berat molekul masing-masing rantai dan komposisi keseluruhan diketahui, maka ada kemungkinan untuk menentukan jumlah graf tiap rantai dan jarak rata-rata antara dua graf berturutan pada *backbone*.

### C. Metode *Grafting Through*

Metode *grafting Through* yaitu adanya makromer dengan BM rendah dan *site* yang tidak jenuh sedikitnya pada satu ujung. Polimer yang sedang tumbuh dapat bereaksi pada *site* yang tidak jenuh menghasilkan kopolimer graf. Tipe *grafting* ini dapat menghasilkan ikatan antara molekul individual jika *site* yang sedang tumbuh bereaksi dengan *site* yang titik jenuh milik dua atau lebih *backbone* yang berbeda. Struktur ikat silang



kemungkinan bisa terbentuk dan pengukuran harus menghindari *gel permeation*.

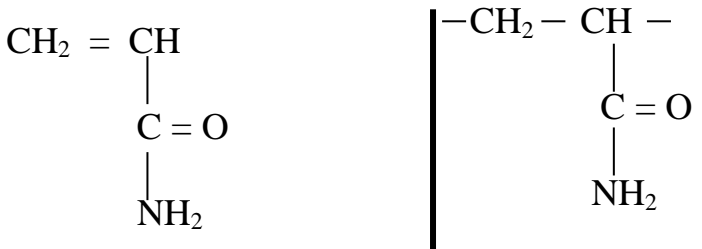
## **II.5. Kopolimerisasi *Starch-g-Polyacrylamide***

Dalam sintesa *Starch-g-Polyacrylamide* dengan inisiator *Sorbitan monooleat*, *Starch* selain sebagai *backbone* dari kopolimer graf juga berperan sebagai *reducing agent* dengan adanya gugus hidroksil (semacam alkohol). Jika radikal bebas terbentuk pada molekul polimerik (*backbone*) maka menghasilkan kopolimer graf.

Pada penelitian kali ini, sintesa dilakukan dengan metode *grafting to*. Pada metode ini *polyacrylamide* disintesa terlebih dahulu tanpa adanya proses terminasi. Sintesa *polyacrylamide* dilakukan dengan metode polimerisasi larutan.

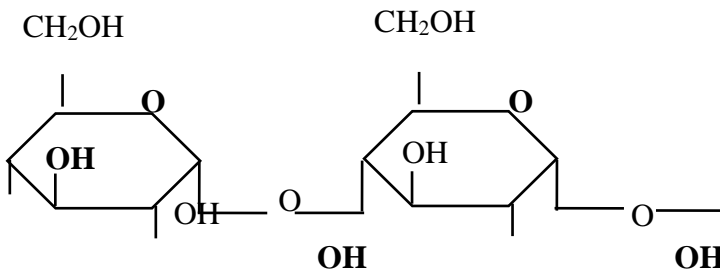
### **a. *Poly(acrylamide)***

*Acrylamide* adalah *solid* berwarna putih, tidak berbau, mempunyai titik leleh 84.5°C, larut dalam beberapa solvent polar termasuk aseton, asetonitrile, dan air. Mempunyai dua group functional utama yaitu ikatan rangkap carbon-carbon vinil dan sebuah kelompok amide, juga merupakan monomer yang sangat reaktif dengan terjadinya polimerisasi *vinyl* menghasilkan homopolimer dan kopolimer yang bisa dikontrol BM dan karakteristik *performancenya*. *Polyacrylamide* adalah padatan berwarna putih, tidak berbau, larut dalam air dan tidak larut dalam *solvent* seperti methanol, aseton dan heksana. Sedikit larut dalam gliserol, ethilen glikol, asam asetat glasial, *formamide* dan *lactic acid*. *Polyacrylamide compatible* (cocok) dengan kebanyakan gum yang larut dalam air baik alami atau sintetik, sistem lateks, dan dengan *surface active agent* nonionik dan ionik.



Gambar 2.3 Struktur *acrylamide* dan *polyacrylamide*

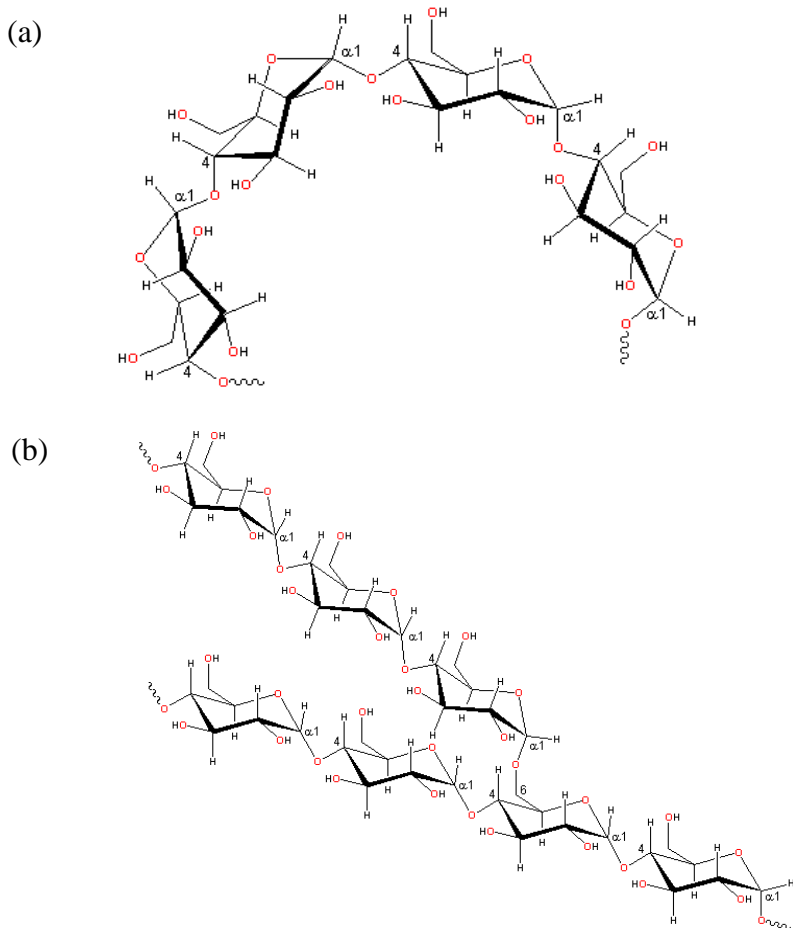
**b. *Starch***



Gambar 2.4 Struktur *starch*

*Starch* merupakan polimer alami yang termasuk jenis polisakarida. Sumber *starch* antara lain : sereal, kentang, kacang-kacangan dan hasil tanaman lain. Konstituen utama *starch* adalah *amylosa* (15 – 20 %) yang mempunyai struktur *helix* tak bercabang dan BM rendah (range 10.000 – 60.000) dan *amylopectin* (80% - 85%) yang

tersusun dari rantai yang bercabang dengan BM tinggi (range 50.000 – 1000.000 ).



Gambar 2.5 Struktur dari starch : (a) *amylose* (b) *amylopectin*

Beberapa macam *starch* ditinjau dari sumbernya :

❖ *Maizena*

*Starch* yang berasal dari jagung dikenal dengan nama *maizena*. *Maizena* terdiri dari 23% *amylosa* dan 77% *amylopectin*. Memiliki bentuk granula *spherical* dengan range 2-30 mikron. *Maizena* berwarna krem karena adanya zat warna *xantofil* . Suhu gelatinisasi adalah 60 – 70 °C.

❖ *Tapioka*

*Starch* dari ubi kayu disebut *tapioka*. *Tapioka* mengandung *amylosa* sebanyak 17% dan *amylopectin* 83%. Memiliki bentuk granula bundar, dengan range ukuran 4-35 mikron. Suhu gelatinisasi adalah 52-64 °C.

❖ *Terigu*

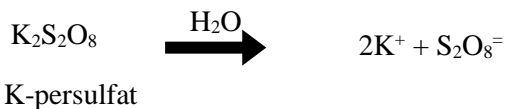
Merupakan jenis *starch* yang berasal dari olahan gandum.

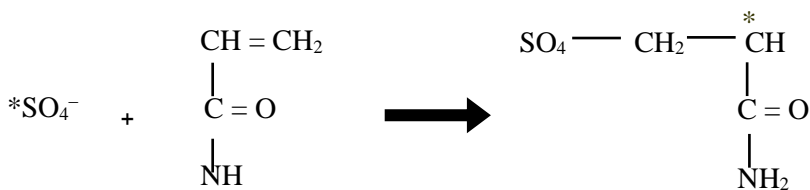
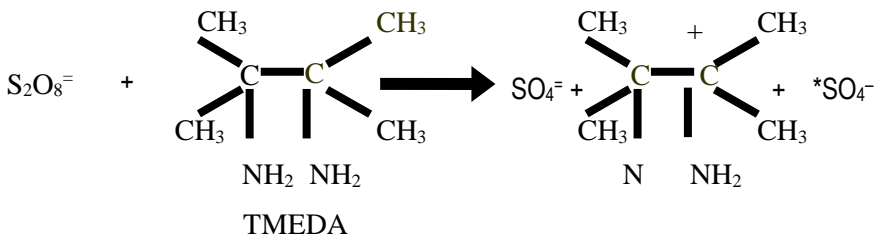
**c. Mekanisme reaksi Sintesa *Starch-g-Polyacrylamide***

*Polyacrylamide* disintesa terlebih dahulu tanpa adanya proses terminasi. Gugus OH pada backbone *starch* dan *non-terminated polyacrylamide* bergabung membentuk kopolimer graf. Mekanisme reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:

**1. Sintesa *non- terminated Polyacrylamide***

a. Inisiasi

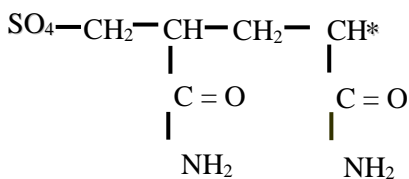




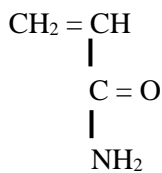
*Acrylamide*

*Acrylamide radikal*

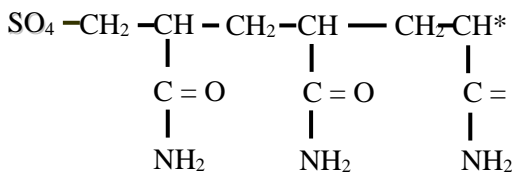
b. Propagasi



*Acrylamide radikal*

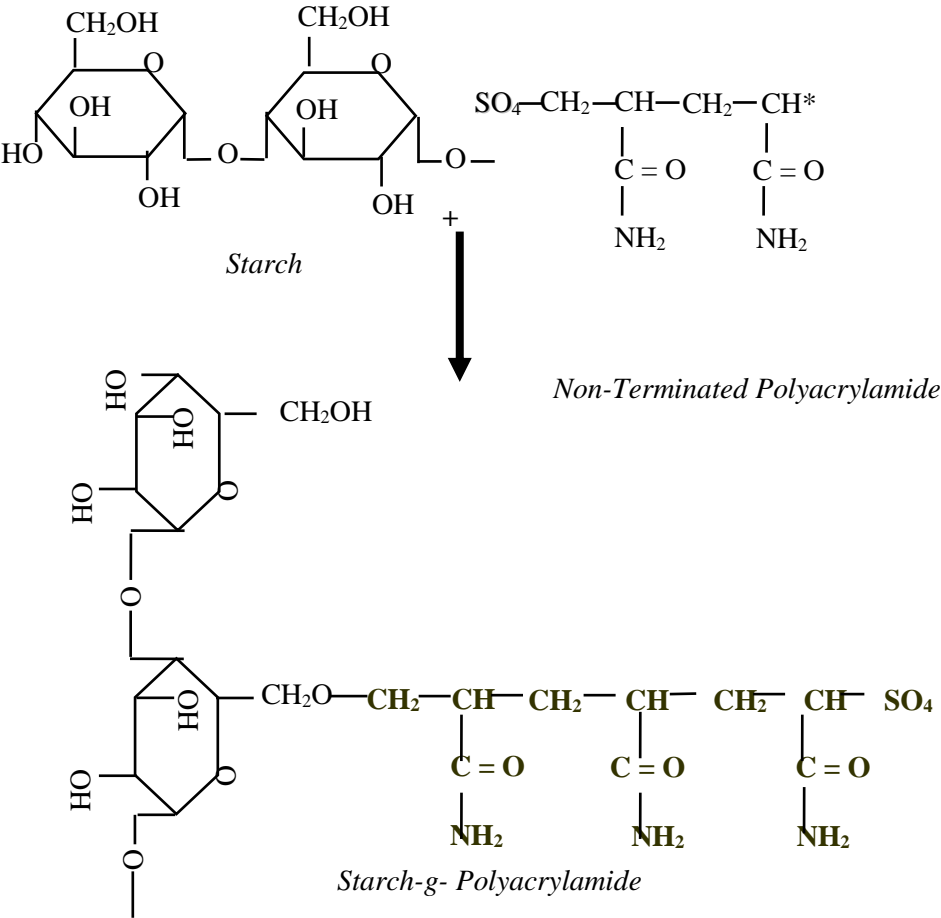


*Acrylamide*



*Non-Terminated*

c. Penggabungan *nt*-PAM dengan *backbone starch*



## II.6. Karakterisasi dan Properties Kopolimer Graf

Karakterisasi polimer adalah metode-metode yang digunakan dalam menentukan sifat-sifat (kualitas) polimer yang dihasilkan. Karakterisasi polimer dilakukan dengan menggunakan analisa FTIR, XRD, DSC dan SEM. Sementara properties diperoleh dengan pengukuran viskositas dan perhitungan %GE dan %GY.

### a. Analisa Fourier-Transformation Infra Red (FTIR)

Metode spektroskopik yang umum dipakai untuk meneliti polimer antara lain: *Infra Red* (IR), *Nuclear Magnetic Resonance* (NMR), Ultraviolet (UV), dan Sinar X (*X-Ray*). Spektroskopik yang paling banyak dipakai adalah FTIR. FTIR ini merupakan teknik yang mudah untuk mengidentifikasi adanya gugus fungsi pada suatu molekul. FTIR merekam interaksi radiasi IR dengan sampel percobaan, menentukan frekuensi dimana sampel menyerap radiasi dan intensitas penyerapannya. Penentuan frekuensi ini mampu mengidentifikasi sampel sehingga gugus fungsinya diketahui yang menyerap cahaya pada frekuensi tertentu. Dengan analisa FTIR ini akan bisa dibedakan gugus dari *starch*, *acrylamide* dan *starch-g-polyacrylamide*.

### b. Analisa X-Ray Diffraction (XRD)

Teknik *X-Ray Diffraction* (XRD) berperan penting dalam proses analisis padatan kristal maupun amorf. XRD dapat digunakan untuk membedakan antara material yang bersifat kristal dengan amorf, mengukur macam-macam kecacakan dan penyimpangan kristal, karakterisasi material kristal, dan identifikasi mineral-mineral. Pada kopolimerisasi graft, uji XRD dapat digunakan untuk melihat susunan polimer terbentuk. Seandainya terbentuk polimer kristalin, pola difraktogram memiliki puncak dengan sudut tajam pada intensitas tinggi, sedangkan polimer amorf memiliki puncak tidak tajam (sudut melebar) pada intensitas rendah. Sementara polimer semikristalin memiliki perpaduan puncak dengan sudut tajam dan puncak dengan sudut lebar.

**c. Differential Scanning Calorimetry (DSC)**

Differential Scanning Calorimetry (DSC) adalah suatu teknik analisa termal yang mengukur energi yang diserap atau diemisikan oleh sampel sebagai fungsi waktu atau suhu. Ketika transisi termal terjadi pada sampel, DSC memberikan pengukuran kalorimetri dari energi transisi dari temperatur tertentu. Dengan begitu, analisa DSC dapat digunakan untuk mengetahui karakterisasi dari sampel seperti temperatur transisi.

**d. Scanning Electron Microscopy (SEM)**

*Scanning Electron Microscopy* (SEM) digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan bahan. Karakteristik bahan menggunakan SEM dimanfaatkan untuk melihat struktur topografi permukaan, ukuran butiran, cacat struktural, dan komposisi pencemaran suatu bahan. Hasil yang diperoleh dari karakterisasi ini dapat dilihat secara langsung pada hasil SEM berupa *Scanning Electron Micrograph* yang menyajikan bentuk tiga dimensi berupa gambar atau foto. Mikroskop ini digunakan untuk mempelajari struktur permukaan obyek, yang secara umum dapat diperbesar antara 1.000 - 40.000 kali.

**e. Pengukuran Viskositas**

Viskositas polimer diukur dalam suatu pelarut yang sesuai dengan menggunakan *viscometer*. Besaran viskositas yang terukur dapat dinyatakan sebagai berikut (cowd, 1991) :

$$\blacksquare \text{ viskositas relatif : } \eta_{rel} = \frac{\eta}{\eta_0} = \frac{t}{t_0} \quad (2.1)$$

$$\blacksquare \text{ viskositas spesifik : } \eta_{sp} = \eta_{rel} - 1 \quad (2.2)$$

$$\blacksquare \text{ viskositas reduced : } \eta_{red} = \frac{\eta_{sp}}{c} \quad (2.3)$$



$$\blacksquare \text{ viskositas } \textit{inherent} \text{ : } \eta_{inh} = \frac{(\ln \eta_{rel})}{c} \quad (2.4)$$

$$\blacksquare \text{ viskositas intrinsik: } [\eta] = \left( \frac{\eta_{sp}}{c} \right)_{c=0} \quad (2.5)$$

$$[\eta] = \left[ \frac{\ln \eta_{rel}}{c} \right]_{c=0} \quad (2.6)$$

Dengan mengetahui besarnya viskositas intrinsik dari polimer yang diproduksi menggambarkan besarnya panjang dan struktur rantai yang terbentuk dan pada akhirnya menunjukkan karakteristik flokulasinya. Viskositas intrinsik yang makin meningkat menunjukkan berat molekul yang tinggi dan struktur yang makin besar dari polimer yang dihasilkan sehingga kemampuan flokulasinya menjadi lebih baik. Berat molekul polimer dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan Mark – Houwink

$$[\eta] = 6,8 \times 10^{-4} (BM)^{0,66} \quad (2.7)$$

Dimana BM adalah berat molekul polimer

#### **a. Perhitungan %GE dan %GY**

%GE adalah prosentase *grafting* terhadap jumlah *starch* awal, sedang %GY adalah prosentase *grafting* terhadap jumlah *starch real* yang terlibat dalam reaksi. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus berikut, dengan terlebih dahulu mengukur  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$ , dan  $W_4$ .

$$\%GE = 100 (W_2 - W_1) / W_3 \quad (2.8)$$

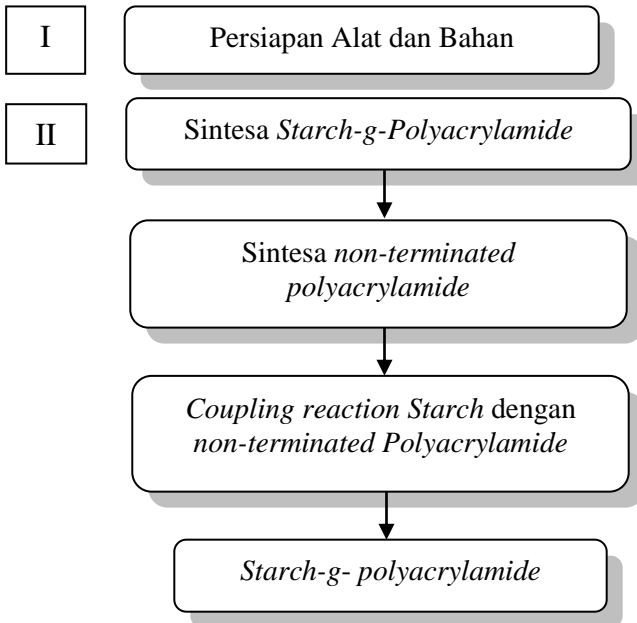
$$\%GY = 100 (W_2 - W_4) / W_3 \quad (2.9)$$

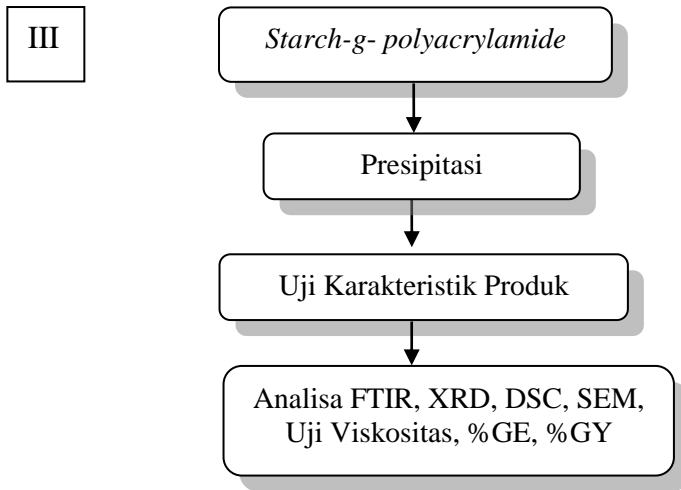
dimana  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$ ,  $W_4$  berturut-turut adalah berat *starch*, *starch-g-polyacrylamide*, *acrylamide*, dan *starch real* yang terlibat dalam reaksi.

## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### III.1 Pendahuluan

Penelitian yang dilakukan secara garis besar sebagai berikut :





Gambar 3.1. Skema garis besar penelitian

### III.2. Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

- Graft : *Acrylamide*
- Backbone : *Starch*
- Inisiator :  $K_2S_2O_8$  ,TMEDA
- Terminator : *Hydroquinon*
- Purger : Gas nitrogen
- Pelarut : Aquades
- Presipitan : *Acetone* ( $CH_3COCH_3$ )
- Penghidrolisa *starch* : HCl
- Pelarut St-G-PAM :  $NaNO_3$

### III.3 Variabel Penelitian

Variabel percobaan yang akan dipelajari pengaruhnya terhadap viskositas intrinsik, %GE, %GY dan karakteristik flokulasinya adalah sebagai berikut :

■ Variabel tetap :

Konsentrasi *starch* = 0,154 M (100 ml )

Konsentrasi *acrylamide* = 0.96 M (100 ml )

Suhu sintesa = 30 °C

Waktu sintesa = 1 jam

Suhu *coupling reaction* ( $T_{cr}$ ) = 50 °C

Waktu *coupling reaction* ( $t_{cr}$ ) = 1,5 jam

■ Variabel berubah :

- a. Pada konsentrasi *hydroquinon*  $2.725 \cdot 10^{-3}$  M, dan waktu terminasi 30 menit

Konsentrasi inisiator = 0,054 ; 0,1 ; 0,108 ; 0,162 ; 0,216 ; 0,27 ; 0,324 mol/l

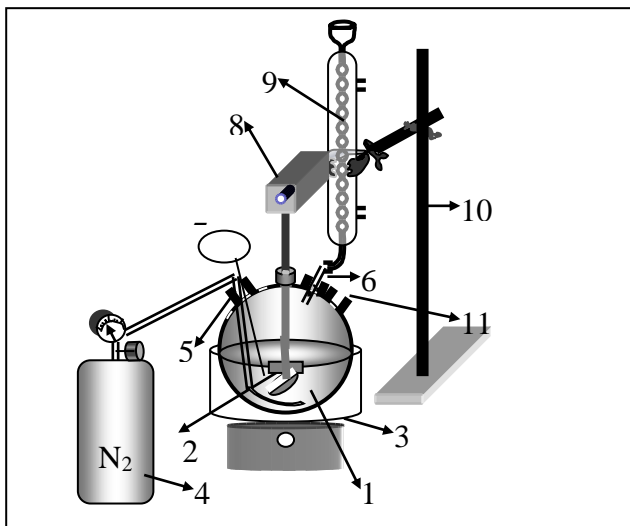
- b. Pada Konsentrasi inisiator 0.270 M, dan waktu terminasi 30 menit.

Konsentrasi *hydroquinone* =  $1.816 \cdot 10^{-3}$ ;  $2.271 \cdot 10^{-3}$ ;  $2.725 \cdot 10^{-3}$ ;  $3.179 \cdot 10^{-3}$ ;  $3.633 \cdot 10^{-3}$ ;  $4.087 \cdot 10^{-3}$ ; dan  $4.541 \cdot 10^{-3}$  mol/l

### III.4 Peralatan Penelitian

Pada sintesis *St-g-PAM*, digunakan reaktor gelas yang dilengkapi pengaduk jenis *impeller*. Penggunaan pengaduk *impeller* disesuaikan dengan viskositas polimer yang terbentuk yang semakin kental selama proses polimerisasi. Suhu polimerisasi dikendalikan dengan *water bath thermostat* dan diukur dengan *thermocouple* yang dipasang pada bagian karet *proof*. Adanya reaktan yang menguap selama polimerisasi diimbunkan dengan menggunakan kondensor yang dipasang pada pendingin air kran. Untuk mengusir oksigen yang dapat menghambat reaksi dilakukan dengan cara menghembuskan gas

nitrogen ( $N_2$ ) secara kontinyu pada tekanan atmosferik. Gas  $N_2$  dialirkan dari tabung  $N_2$  yang diatur menggunakan regulator. Adapun susunan peralatan dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Peralatan sintesa *Starch-g-Polyacrylamide*

Keterangan :

- |                                   |                               |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| 1. Reaktor polimerisasi           | 7. Perangkat pengukuran suhu  |
| 2. Pengaduk                       | 8. Motor pengaduk             |
| 3. <i>Water bath thermostat</i> , | 9. Condensor                  |
| 4. Tabung $N_2$                   | 10. Statif dan Klem condensor |
| 5. $N_2$ inlet                    | 11. Inlet bahan kimia         |
| 6. $N_2$ outlet                   |                               |

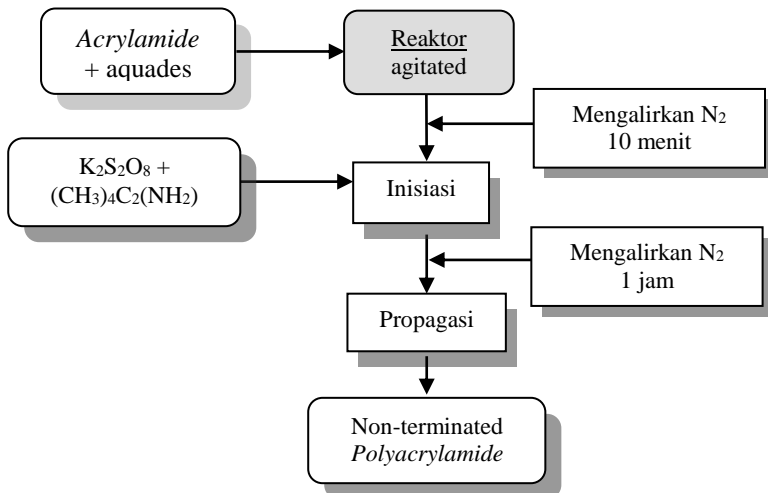
### III.5. Prosedur Penelitian

#### III.5.1. Sintesa *non-terminated Polyacrylamide*

Prosedur sintesa *non-terminated Polyacrylamide* dengan metode *grafting to* secara skematis dapat dilihat pada Gambar 3.3. Kondisi operasi yaitu waktu sintesa *nt-PAM*, waktu *coupling reaction*, dan suhu *coupling reaction*.

Prosedur sintesa *non-terminated Polyacrylamide* adalah sebagai berikut :

1. Melarutkan monomer *acrylamide* dalam *aquades* sesuai variabel yang telah ditetapkan, kemudian memasukkan ke dalam reaktor polimerisasi dan melakukan purging.
2. Menginjeksikan larutan *Kalium Peroxidisulfate* dan *TMEDA* ke dalam reaktor dan purging dengan  $N_2$ .
3. Reaksi polimerisasi dilakukan selama 1 jam pada suhu  $30^\circ C$ , dihasilkan *non-terminated Polyacrylamide*.



Gambar 3.3. Skema prosedur sintesis *non-terminated polyacrylamide*

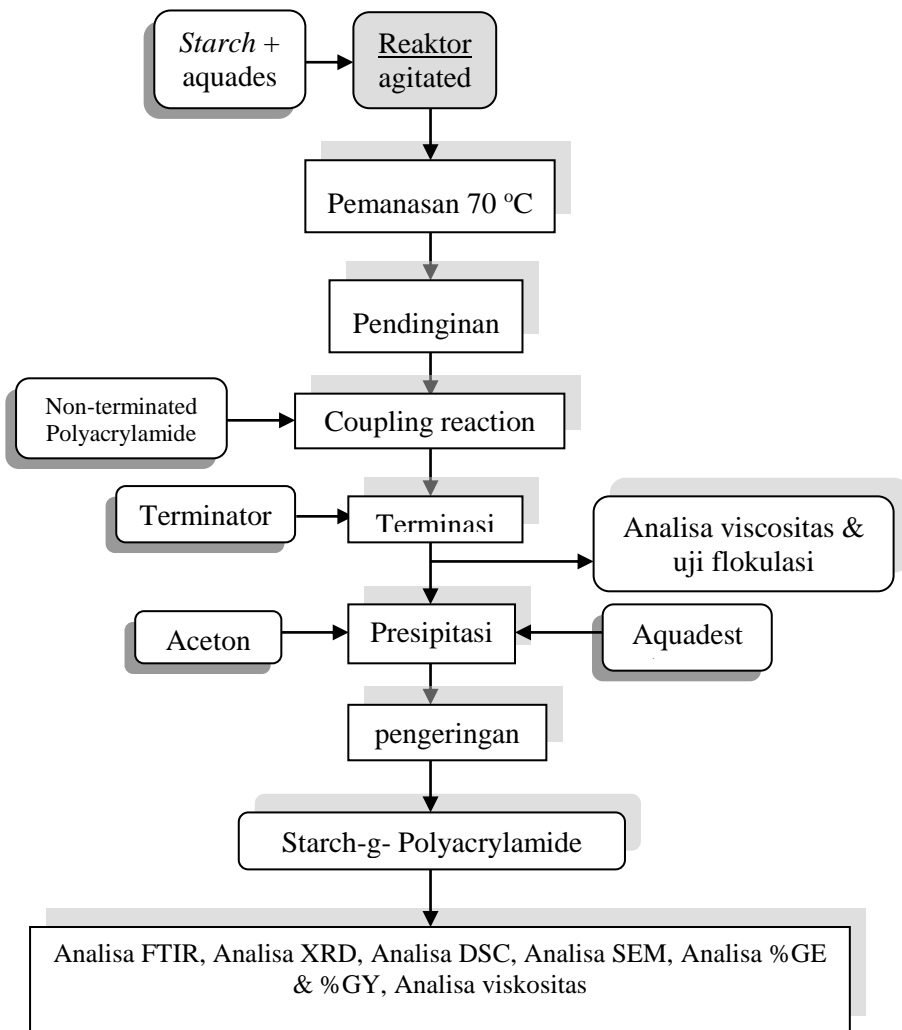
### III.5.2. Sintesa *Starch-g-Polyacrylamide*

Prosedur sintesa *Starch-g-Polyacrylamide* sebagai berikut :

1. *Starch* dilarutkan dalam aquadest, diaduk dalam reaktor polimerisasi, dan dipanaskan sampai suhu 70°C atau hingga terjadi perubahan warna. Kemudian larutan didinginkan hingga tercapai suhu kamar.
2. Memasukkan *starch* yang telah disintesis sebelumnya ke dalam reaktor yang berisi larutan *non-terminated Polyacrylamide*.
3. Membiarkan terjadinya coupling reaksi dalam reaktor dengan tetap melakukan pengadukan dengan kecepatan 250 rpm pada suhu dan waktu reaksi tertentu sesuai variabel yang telah ditetapkan.
4. Memasukkan larutan terminator hydroquinon ke dalam reaktor sesuai variabel yang ditetapkan.
5. Polimer yang dihasilkan diletakkan pada beaker glass 1 L kemudian dibuat menjadi slurry homogen dengan penambahan aquadest dan dipresipitasi dengan aseton selama 6 jam untuk mendapatkan produk *St-g-PAM*. Produk berupa padatan putih seperti kapas, sedangkan monomer dan starch sisa tetap dalam bentuk larutan.
6. Produk diangkat dari larutan, diletakkan dalam cawan uap dan dimasukkan ke dalam oven selama 60 jam pada suhu 70°C untuk menguapkan sisa-sisa larutan.

Prosedur sintesa *Starch-g-Polyacrylamide* secara skematis dapat dilihat pada Gambar 3.3.





Gambar 3.4. Sintesa *starch-g-polyacrylamide*

### **III.5.3 Karakterisasi *Starch-g-Polyacrylamide***

#### **III.5.3.1 Analisa Fourier-Transformation Infra Red (FTIR)**

FTIR merupakan teknik untuk mengidentifikasi adanya gugus fungsi pada suatu molekul. Analisa frekuensi ini mampu mengidentifikasi sampel sehingga gugus fungsinya diketahui menyerap cahaya pada frekuensi tertentu. Dengan analisa FTIR ini bisa dibedakan gugus dari *starch*, *acrylamide* dan *starch-g-polyacrylamide*. Pada analisa FTIR, sample dianalisa dengan jangkauan gelombang pada kisaran  $4000-450\text{ cm}^{-1}$ .

#### **III.5.3.2 Analisa X-Ray Diffraction (XRD)**

Teknik *X-Ray Diffraction* (XRD) merupakan proses analisis padatan kristal maupun amorf. Analisa XRD digunakan untuk melihat susunan polimer pada *starch*, *acrylamide* dan *starch-g-polyacrylamide*. Analisa XRD dilakukan pada panjang gelombang sebesar  $\lambda = 1.54060\text{ \AA}$  pada sudut hamburan sebesar  $3^{\circ}-70^{\circ}$ . Pendeteksian sampel XRD menghasilkan spektrum dengan puncak-puncak intensitas pada sudut  $2\theta$  tertentu. Spektrum yang dihasilkan kemudian dicocokkan dengan data referensi yang sudah baku, selanjutnya dapat diidentifikasi puncak-puncak difraksi oleh fase-fase tertentu.

#### **III.5.3.3 Differential Scanning Calorimetry (DSC)**

Differential Scanning Calorimetry (DSC) adalah suatu teknik analisa termal yang mengukur energi yang diserap atau diemisikan oleh sampel sebagai fungsi waktu atau suhu. Analisa DSC digunakan untuk mengetahui karakterisasi temperatur transisi dari *starch*, *acrylamide* dan *starch-g-polyacrylamide*. Sampel ditimbang sebanyak 0,5 g dan diletakkan didalam pan. Sampel dalam pan ditutup dengan stainless steel. Alat DSC dihidupkan dengan mengalirkan gas nitrogen. Pemanasan sampel dilakukan mulai dari suhu  $30^{\circ}\text{C}$  sampai dengan  $275^{\circ}\text{C}$  dengan laju pemanasan  $20^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ . Untuk kalibrasi temperatur dan panas DSC, pada alat diletakkan blanko berupa pan kosong dan

sampel berisi zat pengkalibrasi yaitu indium dan/atau seng. Setelah kalibrasi selesai, sample indium dan/atau seng diganti dengan sample yang akan diukur, dan pan blanko tetap pada posisi semula selama pengukuran (Wahab, 2010)

### III.5.3.4 Scanning Electron Microscopy (SEM)

*Scanning Electron Microscopy* (SEM) digunakan untuk mengetahui morfologi permukaan bahan. Pada analisa ini, karakterisasi uji SEM dilakukan pada tegangan 20 kV dan perbesaran 1.000x untuk *starch* dan *starch-g-polyacrylamide*. Hasil yang diperoleh dari karakterisasi ini kemudian dicocokkan dengan data referensi yang sudah baku

### III.5.4 Penentuan Properties *Starch-g-Polyacrylamide*

#### III.5.4.1 Perhitungan %GE dan %GY

%GE adalah prosentase *grafting* terhadap jumlah *starch* awal, sedang %GY adalah prosentase *grafting* terhadap jumlah *starch real* yang terlibat dalam reaksi. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus berikut, dengan terlebih dahulu mengukur  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$ , dan  $W_4$ .

$$\%GE = 100 ( W_2 - W_1 ) / W_3 \quad (3.1)$$

$$\%GY = 100 ( W_2 - W_4 ) / W_3 \quad (3.2)$$

dimana  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$ ,  $W_4$  berturut-turut adalah berat *starch*, *Starch-g-Polyacrylamide*, *acrylamide*, dan *starch real* yang terlibat dalam reaksi.  $W_1$ ,  $W_2$ ,  $W_3$  dapat diukur secara langsung, sedangkan untuk menentukan nilai  $W_4$  menggunakan prosedur sebagai berikut :

1. Melarutkan 0.5 gram *Starch-g-Polyacrylamide* dalam HCl 0.5 M sampai larut.
2. Melakukan presipitasi dengan penambahan *methanol*, dan hasil presipitasi diharapkan adalah *Polyacrylamide* yang

bergabung pada *starch*. Hasil presipitasi dioven selama 24 jam dan ditimbang sebagai  $W_5$ .

3. Maka  $W_4$  adalah selisih  $W_2$  dengan  $W_5$ .<sup>[18]</sup>.

### III.5.4.2. Penentuan viskositas intrinsik

Dilakukan pengukuran waktu aliran polimer dalam larutan  $\text{NaNO}_3$  1 M (dalam satuan gr/100 ml) ditulis sebagai  $t$  dan waktu aliran untuk larutan  $\text{NaNO}_3$  1 M sebagai  $t_0$ . Peralatan yang digunakan adalah *viscometer Ubbelohde*. Penentuan viskositas intrinsik dengan membuat plot  $\eta_{sp}$  vs  $c$  dan  $\eta_{inh}$  vs  $c$ . Kemudian mengambil intersepnya pada  $c = 0$  dari garis linier terbaik dari titik-titik yang dihasilkan.  $c$  adalah konsentrasi polimer dalam gram/dl.

Perhitungan sebelumnya dengan rumus berikut :

$$\text{❖ viskositas relatif} : \eta_{rel} = \frac{\eta}{\eta_0} = \frac{t}{t_0} \quad (3.3)$$

$$\text{❖ viskositas spesifik} : \eta_{sp} = \eta_{rel} - 1 \quad (3.4)$$

$$\text{❖ viskositas reduced} : \eta_{red} = \frac{\eta_{sp}}{c} \quad (3.5)$$

$$\text{❖ viskositas inherent} : \eta_{inh} = \frac{(\ln \eta_{rel})}{c} \quad (3.6)$$

$$\text{❖ viskositas intrinsik:} : [\eta] = \left( \frac{\eta_{sp}}{c} \right)_{c=0} \quad (3.7)$$

Selanjutnya dilakukan perhitungan berat molekul polimer dengan menggunakan persamaan Mark – Houwink

$$[\eta] = 6,8 \times 10^{-4} (BM)^{0,66} \quad (3.8)$$

## **BAB IV**

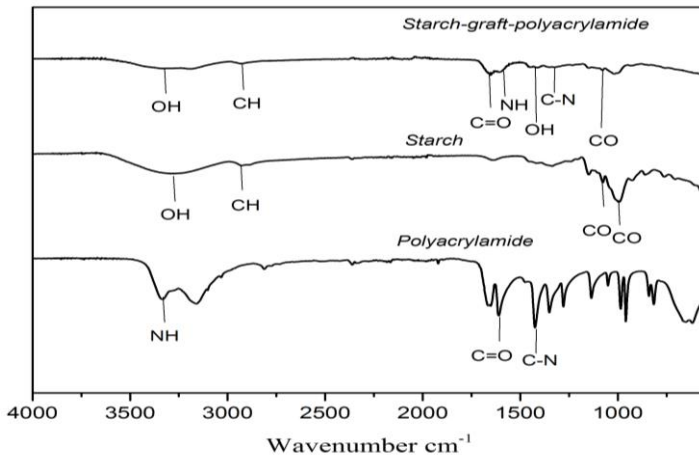
### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Sintesa *starch-g-polyacrylamide* pada penelitian ini menggunakan metode *grafting to* dengan teknik polimerisasi larutan. Hasil sintesa berupa produk padatan *starch-g-polyacrylamide*. Produk ini diuji karakteristiknya menggunakan analisa FTIR, XRD, DSC, dan SEM. Pengaruh konsentrasi terminator dan inisiator terhadap persentase efisiensi graft (%GE, Grafting Efficiency), presentase yield graft (%GY, Grafting Yield), dan viskositas intrinsik dipelajari.

#### **IV.1 Uji Karakteristik *Starch-g-Polyacrylamide***

##### **IV.1.1 Uji FTIR ( *Fourier Transform Infra Red* )**

Karakterisasi produk *starch-g-polyacrylamide* dilakukan dengan menggunakan spektroskopi FTIR. Dengan FTIR dapat diketahui gugus-gugus fungsi pembentuk *starch-g-polyacrylamide* yang telah disintesa, terukur dari interaksi antara vibrasi gugus-gugus molekul penyusun produk terhadap radiasi sinar inframerah. Hal ini bertolak dari fakta bahwa tidak mungkin dua senyawa memberikan serapan fundamental radiasi infrared (IR) yang sama sehingga spektrofotometri IR dapat dipakai dalam penentuan gugus fungsi suatu senyawa. Berikut perbandingan Spektrum IR untuk *starch*, *polyacrylamide*, dan *starch-g-polyacrylamide*



Gambar 4.1 Perbandingan spektrum IR untuk *starch*, *polyacrylamide*, dan *starch-g-polyacrylamide*

*Starch* mengandung ikatan C-H, C-O, dan OH. hasil interpretasi spektrum IR untuk *starch* haruslah mengandung ikatan-ikatan di atas. Berdasarkan hasil interpretasi, tampak bahwa pada bilangan gelombang  $2924,72 \text{ cm}^{-1}$  terbentuk puncak, di mana hal ini menunjukkan terdapatnya ikatan C-H. Selain itu, pada bilangan gelombang  $3285,77 \text{ cm}^{-1}$  terbentuk puncak yang menunjukkan terdapatnya ikatan O-H. Pada sampel yang diukur juga terdapat ikatan C-O yang ditandai dengan munculnya puncak pada bilangan gelombang  $1074,55$  dan  $1139,99 \text{ cm}^{-1}$ . Sedangkan puncak pada bilangan gelombang  $1151,16 \text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya ikatan C-O. Hasil yang diperoleh ini sesuai dengan penelitian. El Sayed (2015) yang juga melakukan sintesa St-g-PAM menyebutkan karakteristik *absorption bands starch* murni terdapat pada bilangan gelombang  $1155 \text{ cm}^{-1}$  untuk gugus C-O,  $2929 \text{ cm}^{-1}$  untuk gugus C-H, dan  $3433 \text{ cm}^{-1}$  untuk gugus OH.

Sementara hasil interpretasi spektrum IR untuk *polyacrylamide* menunjukkan adanya puncak dengan bilangan

gelombang  $3340,01\text{ cm}^{-1}$ . Hal ini menunjukkan adanya ikatan N-H. Selain itu, juga terdapat puncak pada gelombang  $1669,86\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya ikatan C=O dan puncak pada gelombang  $1409,99\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya ikatan C-N. Hasil intrepetasi ini sudah sesuai dengan karakteristik *absorption bands* untuk *Polyacrylamide*. Tripathy (1999) melaporkan analisa gugus *Polyacrylamide* menggunakan FTIR bahwa gugus-gugus *Polyacrylamide* terletak pada *peak* dengan bilangan gelombang di daerah sekitar  $3300\text{ cm}^{-1}$ ,  $1685\text{ cm}^{-1}$ ,  $1400\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya ikatan N-H, C=O, dan C-N.

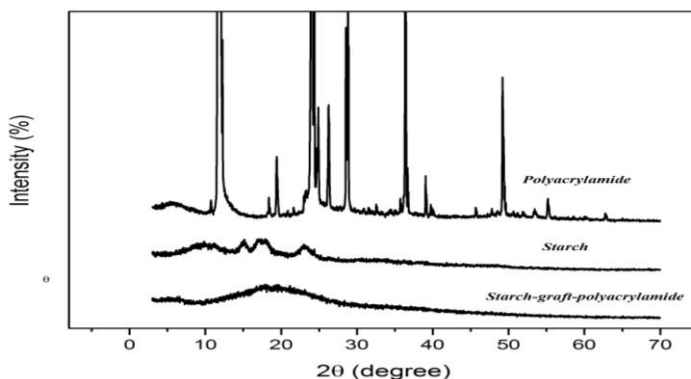
*Starch-g-polyacrylamide* adalah gabungan dari *starch* dan *Polyacrylamide*, maka gugus dari *starch-g-polyacrylamide* haruslah mengandung gugus yang dimiliki oleh *Starch* dan *Polyacrylamide*. *Starch* mengandung ikatan-ikatan C-H, C-O, OH, dan C-OH, sedangkan *Polyacrylamide* mengandung ikatan C-H, C=O, N-H, C-N. Maka, *starch-g-polyacrylamide* memiliki ikatan C-H, C-O, OH, C-OH, C=O, N-H, dan C-N.

Berdasarkan Gambar 4.1 terdapat dua puncak pada panjang gelombang  $1150,97\text{ cm}^{-1}$  dan  $1114,66\text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan C-O. Selain itu juga ada dua puncak pada panjang gelombang  $1425,47\text{ cm}^{-1}$  dan  $3325,88\text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan OH. Sementara ikatan C-H terdapat pada panjang gelombang  $2931,09\text{ cm}^{-1}$ . Puncak-puncak tersebut menunjukkan adanya ikatan-ikatan yang terdapat pada *starch*. Pada grafik yang sama juga terdapat beberapa puncak yang merepresentasikan ikatan-ikatan yang terdapat pada *Polyacrylamide*, yaitu: puncak di bilangan gelombang  $1606,39\text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan N-H, puncak  $1659,88\text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan C=O, dan puncak  $1345,24\text{ cm}^{-1}$  untuk ikatan C-N. Hal ini membuktikan bahwa *starch* dan *polyacrylamide* telah terdapat pada produk *starch-g-polyacrylamide* yang disintesa.

#### **IV.1.2. Uji XRD (X-Ray Diffraction)**

Selanjutnya dalam penelitian ini dilakukan analisis XRD untuk mengetahui fasa terbentuk pada *starch-g-polyacrylamide*.

Analisa XRD merupakan metode analisa struktur kristal berdasarkan pada informasi puncak-puncak sudut hamburan maupun intensitasnya. Analisa XRD dilakukan menggunakan panjang gelombang sebesar  $\lambda = 1.54060 \text{ \AA}$  pada sudut hamburan sebesar  $3^{\circ}$ - $70^{\circ}$ . Perbandingan pola difraksi terbentuk pada *starch*, *polyacrylamide*, dan *starch-g-polyacrylamide* bisa dilihat dari Gambar 4.2 sebagai berikut.



Gambar 4.2 Perbandingan pola difraktogram untuk *starch*, *polyacrylamide*, dan *starch-g-polyacrylamide*

Dari informasi sudut hamburan dapat dilihat bahwa *starch* memiliki beberapa puncak tajam pada sudut  $2\theta$ :  $9,72^{\circ}$ ;  $17,25^{\circ}$ ;  $15,05^{\circ}$ ; dan  $23,24^{\circ}$ . Mihai (2016) melaporkan analisa struktur kristal menggunakan XRD bahwa puncak kristal terdapat pada  $2\theta = 11,4^{\circ}$ ;  $15,3^{\circ}$ ;  $17,4^{\circ}$ ;  $18,3^{\circ}$ ; dan  $23,1^{\circ}$ . Puncak kristal juga ditemukan pada puncak dengan intensitas rendah antara  $2\theta$ :  $19,7^{\circ}$  dan  $20,7^{\circ}$ .

Dari Gambar 4.1 juga ditemukan puncak tidak tajam (melebar) yang menunjukkan sifat *amorf*. Hal ini menunjukkan bahwa *starch* memiliki sifat semikristalin. Menurut Zhang dan Hamaker (2006) *starch* terdiri dari struktur kristal dan *amorphous*. Bagian kristal dibentuk oleh amilopektin heliks ganda. Sementara *amorphous* dibentuk oleh titik percabangan



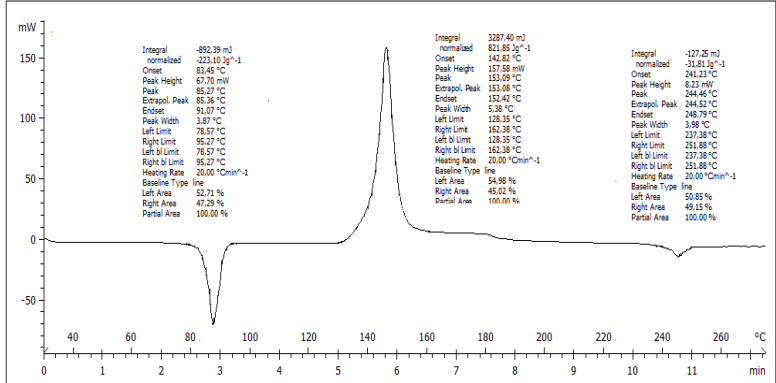
(ikatan 1,6) amilopektin, amilopektin rantai panjang dan amilosa. Umumnya starch dengan kadar amilosa tinggi memiliki wilayah yang lebih *amorf* dan kurang kristal

Pola difraktogram pada *polyacrylamide* menunjukkan bahwa *polyacrylamide* memiliki struktur kristal dimana sudut hamburan memiliki beberapa puncak tajam pada intensitas tinggi. Puncak terlihat pada sudut  $2\theta$ :  $12,08^\circ$ ;  $13,06^\circ$ ;  $19,20^\circ$ ;  $21,01^\circ$ ;  $24,09^\circ$ ;  $28,95^\circ$ ;  $36,36^\circ$ ;  $39,09^\circ$ ; dan  $49,22^\circ$ . Hasil ini sudah sesuai dengan karakteristik *polyacrylamide* sebagai kristal. Manju (2013) melaporkan analisa struktur kristal *polyacrylamide* menggunakan XRD bahwa puncak kristal terdapat pada  $2\theta$ :  $10,59^\circ$ ;  $14,45^\circ$ ;  $17,07^\circ$ ;  $18,1^\circ$ ;  $18,84^\circ$ ;  $20,29^\circ$ ;  $21,32^\circ$ ;  $23,06^\circ$ ;  $23,75^\circ$ ; dan  $26,29^\circ$ .

Sementara hasil XRD pada *starch-g-polyacrylamide* menunjukkan bahwa *starch-g-polyacrylamide* tidak berstruktur (*amorf*). Hal terlihat dari sudut hamburan bahwa pola difraktogram untuk *starch-g-polyacrylamide* memiliki puncak tidak tajam dan sudut sedikit melebar. Pola difraktogram ini sudah sesuai dengan karakteristik *starch-g-polyacrylamide*. El Sayed (2015) juga melaporkan bahwa analisa XRD pada *starch-g-polyacrylamide* mengarah pada sifat amorf. Adanya perbedaan besar dari sifat bahan pembentuknya disebabkan proses pengadukan dan pemanasan saat pencangkakan. Pengadukan *polyacrylamide* dan *starch* dalam aquades membuat molekul kedua bahan tersebut tersebar merata, kemudian saat dilakukan pemanasan maka atom dalam molekul mulai bergerak cepat sehingga atom keluar dari susunan teraturannya. Namun saat dilakukan pendinginan tiba-tiba hingga suhu ruangan, atom dalam molekul gagal menempati ruangnya semula sehingga susunan atom yang semula teratur menjadi acak dan tidak teratur. Hal ini menyebabkan *starch-g-polyacrylamide* memiliki sifat amorf.

IV.1.3. Uji DSC (Differential Scanning Calorimetry)

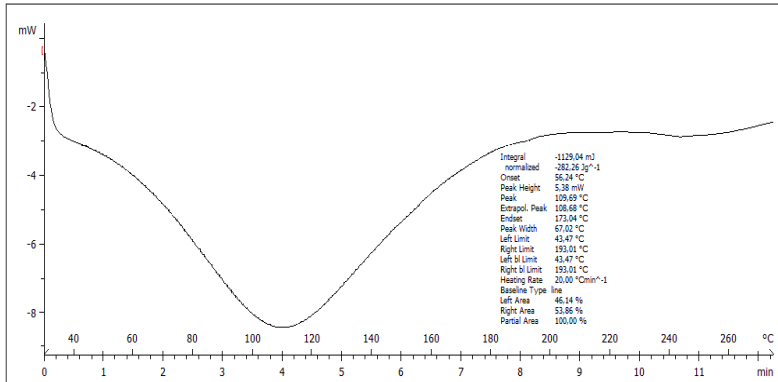
Berdasarkan pengujian XRD dapat ditindaklanjuti dengan pengujian DSC untuk mengetahui perbandingan temperatur transisi *starch*, *polyacrylamide*, dan *starch-g-polyacrylamide*. Pemanasan sampel dilakukan mulai dari suhu 30°C sampai dengan 275 °C dengan laju pemanasan 20 °C/ menit. Data yang diperoleh dari pengujian DSC untuk *starch* dapat dilihat pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Termogram DSC untuk *Starch*

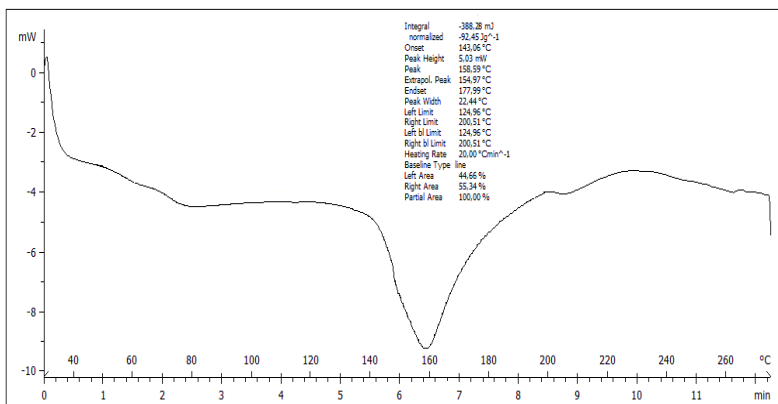
Pada Gambar 4.3 terlihat ada tiga puncak kurva pada *starch* yang terbaca dari hasil termogram DSC. Temperatur transisi cair ( $T_m$ ) ditunjukkan pada puncak ketiga pada suhu 244,46°C. Besarnya energi yang dibutuhkan untuk mencairkan produk adalah 127,25 mJ. Hasil ini berbeda dengan beberapa laporan penelitian sebelumnya. Athawale and Lele (2000) menemukan temperature transisi melting pada suhu 240°C. Steven (1975) menjelaskan bahwa adanya perbedaan temperature transisi pada *starch* disebabkan oleh berbagai faktor yang meliputi panjang molekul polimer, berat molekul polimer, efek elektrostatis seperti polarisabilitas, momen dwi kutub, stereokimia dan stereoregularitas rantai polimer maupun interaksi intermolekuler dari polimer melalui ikatan hidrogen dan gaya

london. Bahkan Yuan and Thompson (1994) menyebutkan kandungan air pada starch dapat mempengaruhi temperatur transisi.



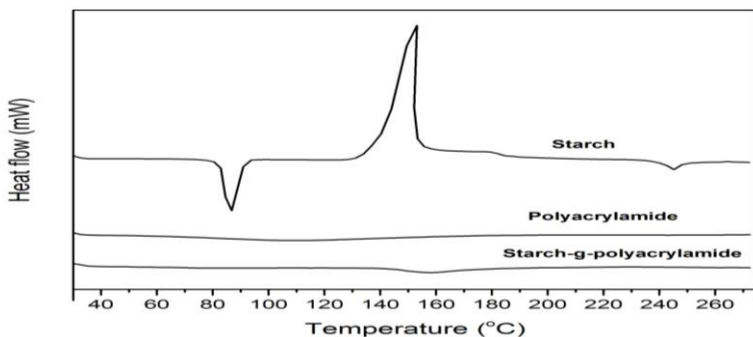
Gambar 4.4 Termogram DSC untuk *Polyacrylamide*

Hasil analisa *polyacrylamide* pada Gambar 4.4 menunjukkan bahwa *polyacrylamide* hanya memiliki satu puncak endoterm. Puncak yang terbentuk lebih landai dibandingkan dengan *starch*. Hal ini menunjukkan bahwa puncak memiliki nilai entalpi endotermik lebih tinggi. Energi yang dibutuhkan untuk mencapai titik cair sebesar 1129,04 mJ. Energi ini lebih besar dari starch karena *polyacrylamide* memiliki derajat kristalinitas lebih tinggi dari starch. Puncak ini menunjukkan temperatur transisi cair (*melting*). Temperatur transisi *melting* terjadi pada suhu 109,69°C.



Gambar 4.5 Termogram DSC untuk *starch-g-polyacrylamide*

Sebagai *amorf*, *starch-g-polyacrylamide* hanya memiliki nilai  $T_m$  suhu sekitar 158,59 °C. Terlihat bahwa terdapat perbedaan antara  $T_m$  antara *starch* dengan *starch-g-polyacrylamide* dimana nilai  $T_m$  lebih rendah dari pada *starch*. Sementara nilai  $T_m$  *starch-g-polyacrylamide* lebih tinggi daripada *starch*.

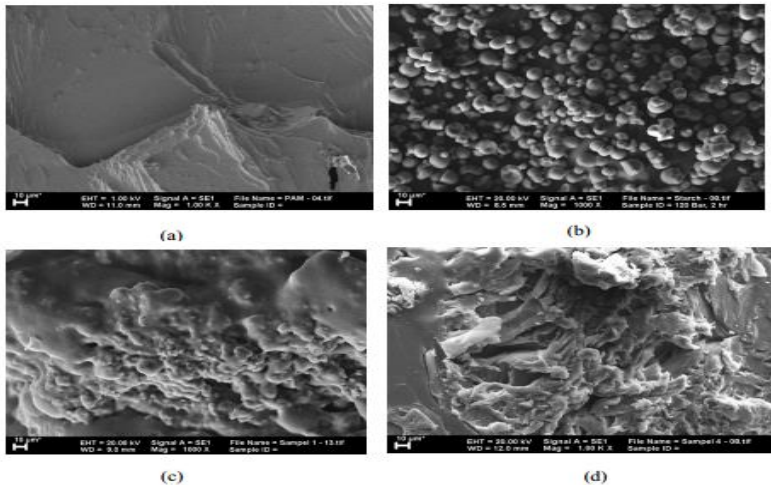


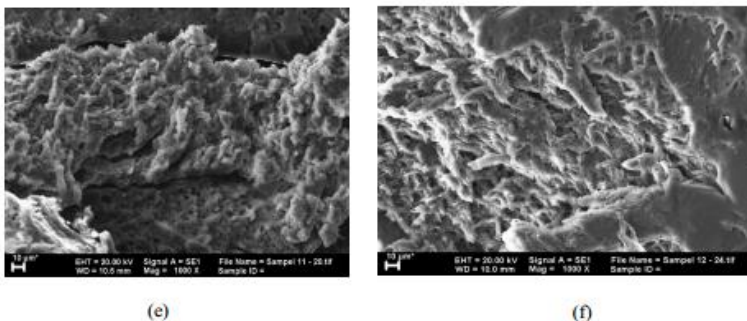
Gambar 4.6 Perbandingan termogram DSC untuk *starch*, *polyacrylamide*, dan *starch-g-polyacrylamide*

Dari penelitian yang dilakukan oleh Alummoottil (2009) diperoleh temperatur transisi cair *starch-g-polyacrylamide* terdapat pada suhu 152,04 °C dan temperatur cair pada suhu 235,6 °C. Perbedaan hasil diperoleh karena starch yang digunakan memiliki nilai Tm pada temperatur 262,46 °C. Alummoottil (2009) melaporkan kandungan air pada starch yang dipakai sebagai bahan baku *starch-g-polyacrylamide* mempengaruhi temperatur transisi gelas dan temperatur cair pada gelas *starch-g-polyacrylamide*. Selain itu, perbedaan temperatur gelas pada *starch-g-polyacrylamide* yang terjadi dapat disebabkan oleh karakteristik molekular, komposisi dan kompatibilitas dalam matriks amorf. (Biliaderis, 1991; Biliaderis et al., 1986; Thiewes & Steeneken, 1997; Zelenznak & Hoseneey, 1987).

#### IV.1.4. Uji SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Struktur mikro permukaan *starch-g-polyacrylamide* dapat diketahui dengan melakukan pengujian menggunakan alat yang disebut Scanning Electron Microscope (SEM). SEM digunakan sebagai alat pendeteksi objek sampel pada skala mikro.





Gambar 4.7 Hasil SEM untuk *starch*, *polyacrylamide*, dan *starch-g-polyacrylamide* : (a) *polyacrylamide* (b) *starch* (c) *starch-g-polyacrylamide* untuk konsentrasi inisiator 0,054 M (d) *starch-g-polyacrylamide* untuk konsentrasi inisiator 0,164 M (e) *starch-g-polyacrylamide* untuk konsentrasi terminator 0,003179 M (f) *starch-g-polyacrylamide* untuk konsentrasi terminator 0,004087

Hasil uji morfologi struktur *starch* ditunjukkan pada Gambar 4.7. Hasil uji SEM menunjukkan adanya perbedaan bentuk permukaan antara *starch*, *polyacrylamide*, dan *starch-g-polyacrylamide*. Pada hasil SEM pada *starch* terlihat bahwa terdapat granula yang menyerupai bola dengan permukaan lembut. Ukuran granula terlihat bervariasi. Sementara hasil SEM pada *polyacrylamide* menunjukkan bahwa *polyacrylamide* memiliki permukaan tidak teratur, kasar dan tidak berbentuk bulat. Di lain pihak, analisa SEM pada *starch-g-polyacrylamide* menunjukkan adanya perbedaan bentuk morfologi dibandingkan *starch* dan *polyacrylamide*. Bentuk granula yang bulat sudah tidak terlihat. Permukaan *starch-g-polyacrylamide* nampak diselimuti serpihan halus.

*Starch-g-polyacrylamide* dengan variable konsentrasi inisiator lebih banyak, terlihat *starch-g-polyacrylamide* memiliki serpihan halus lebih banyak. Begitu pula dengan *starch-g-polyacrylamide* dengan variable konsentrasi terminator. Hal ini

menunjukkan bahwa semakin besar konsentrasi inisiator dan terminator dipakai, maka semakin banyak starch bergabung dengan *polyacrylamide*.

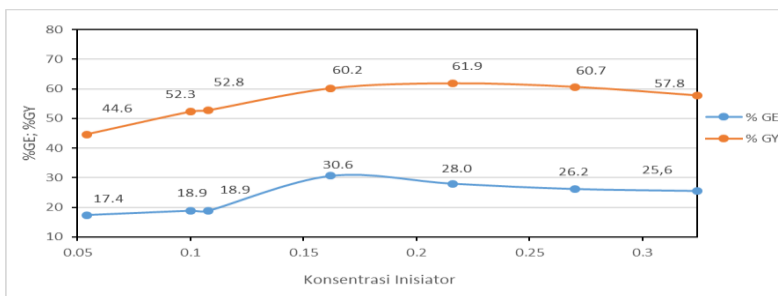
## IV.2 Properties *Starch-g-Polyacrylamide*

Sintesa *non-terminated Polyacrylamide* pada sintesa *starch-g-polyacrylamide* dengan metode *grafting to* dilakukan dengan memvariasikan konsentrasi inisiator dan terminator. Hasil dari sintesa ini dilihat dari viskositas intrinsiknya, %Grafting Efficiency (%GE) serta % Grafting Yield (%GY).

### IV.2.1 GE dan % GY

#### a. Pengaruh Konsentrasi Inisiator

Pada penelitian ini sintesa *non-terminated Polyacrylamide* dilakukan pada suhu 30 °C dan waktu 1 jam dengan memvariasikan konsentrasi inisiator untuk mengetahui seberapa besar pengaruhnya terhadap %GE dan %GY. Inisiator merupakan agen yang berperan dalam pembentukan radikal bebas acrylamide yang merupakan agent dalam inisiasi proses polimerisasi acrylamide. Inisiator berpengaruh pada jumlah radikal bebas acrylamide.

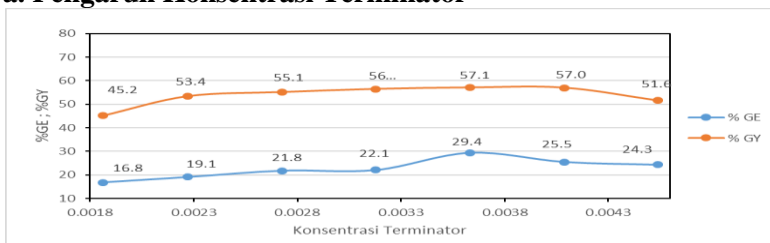


Gambar 4.8 Kurva Pengaruh Konsentrasi Inisiator Terhadap %GE dan %GY

Dapat dilihat pada Gambar 4.8 bahwa semakin besar konsentrasi inisiator, %GE cenderung naik hingga nilai maksimum pada konsentrasi inisiator 0,162 M. Sementara %GY juga cenderung naik hingga nilai maksimum pada konsentrasi inisiator 0,216 M. Kenaikan %GE dan %GY terjadi akibat semakin banyak jumlah radikal bebas terbentuk seiring kenaikan konsentrasi inisiator. Semakin meningkatnya jumlah radikal bebas, semakin besar peluang monomer untuk membentuk makroradikal. Sehingga jumlah makroradikal yang mengalami grafting semakin banyak.

Penurunan %GE dan %GY terjadi karena adanya terminasi oleh inisiator itu sendiri pada konsentrasi inisiator tinggi dalam proses propagasi. Pada konsentrasi inisiator berlebih akan terjadi gel effect. Gel effect adalah kenaikan berat molekul pada rantai yang belum diterminasi. Ini terjadi jika konsentrasi monomer radikal cukup tinggi. Hal ini menyebabkan laju homopolimerisasi lebih besar dibanding laju grafting (Yan, 1986). Selain itu, sebagian besar backbone strach yang diinduksi oleh inisiator berlebih akan membuat rantai *starch-g-polyacrylamide* lebih pendek pada konsentrasi akrilamide sama. Hal ini tercermin dalam nilai grafting yield yang semakin turun setelah nilai maksimal.

#### a. Pengaruh Konsentrasi Terminator



Gambar 4.9 Kurva Pengaruh Konsentrasi Terminator Terhadap %GE dan %GY



Sementara pada penelitian untuk sintesa *non-terminated Polyacrylamide* dengan variabel konsentrasi terminator diperoleh hasil serupa. Dapat dilihat pada Gambar 4.9 bahwa semakin besar konsentrasi terminator, %GE dan %GY cenderung naik hingga nilai maksimal dimana %GE dan %GY naik hingga konsentrasi terminator 0,003633 M, kemudian mengalami penurunan. Hal ini disebabkan semakin besar konsentrasi terminator, maka semakin panjang makroradikal yang diterminasi. Namun begitu konsentrasi terminator berlebihan, terminasi pada senyawa radikal akan berlangsung lebih cepat. Hal ini dikarenakan konsentrasi terminator berlebihan dapat mengakibatkan degradasi molekul–molekul rantai polyacrylamide semakin cepat, sehingga rantai acrilamide tumbuh pada starch terbentuk cenderung berukuran semakin kecil. Hal ini akan menyebabkan swelling pada backbone starch sehingga ujung rantai polimer yang aktif semakin susah bereaksi, akibatnya laju reaksi polimerisasi menurun.

## **IV.2.2 Viskositas Instrinsik**

### **a. Pengaruh Konsentrasi Inisiator**

Perhitungan untuk analisa viskositas dilakukan dengan menggunakan viskosimeter Ubbelohde. Metode penentuan nilai viskositas pada penelitian ini dilakukan dengan melarutkan kedua jenis produk ke dalam pelarut aquadest pada temperatur 25° C. Waktu aliran diperoleh untuk berbagai konsentrasi produk yang digunakan. Konsentrasi yang digunakan adalah 0,00 gr/dl, 0,01 gr/dl, 0,02 gr/dl, 0,03 gr/dl, 0,04 gr/dl, dan 0,05 gr/dl. Hasil analisa viskositas pada *starch-g-polyacrylamide* untuk variable inisiator dapat dilihat pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 Pengaruh konsentrasi inisiator terhadap viskositas instrinsik

Variabel Tetap Konsentrasi Terminator (hydroquinon)	Variabel Berubah Konsentrasi Inisiator (M)	Viskositas	Berat Molekul
0,003 M	0,054	3,4349	13.377.393,21
	0,1	3,7872	15.510.299,85
	0,108	3,9938	16.810.158,88
	0,162	6,9128	38.599.657,73
	0,216	4,3473	19.115.244,01
	0,27	3,3964	13.150.868,15
	0,324	3,2433	12.263.186,91

Konsentrasi *inisiator* berpengaruh pada peningkatan nilai viskositas instrinsik *starch-g-polyacrylamide*. Viskositas instrinsik menyatakan berat molekul dari rantai graf *polyacrylamide*. Konsentrasi *inisiator* semakin tinggi maka berat molekul semakin tinggi. Pengaruh konsentrasi inisiator terhadap viskositas instrinsik ditunjukkan dalam Gambar 4.16. Viskositas instrinsik meningkat hingga konsentrasi *inisiator* 0,162 M. Kenaikan viskositas instrinsik ini disebabkan oleh semakin banyaknya ketersediaan inisiator maka akan terbentuk makromer yang semakin panjang sehingga menyebabkan kenaikan viskositas instrinsik. Setelah konsentrasi 0,162 M terjadi penurunan nilai viskositas. Penurunan viskositas ini terjadi karena turunya berat molekul pada *starch-g-polyacrylamide*. Hal ini terjadi akibat konsentrasi inisiator berlebih. Konsentrasi inisiator berlebihan menimbulkan makroradikal tidak terangkakan bertambah sehingga dapat terbentuk homopolimer akrilamide. Hal ini membuat berat molekul *starch-g-polyacrylamide* semakin

turun. Turunnya berat molekul pada *starch-g-polyacrylamide* akan membuat nilai viskositas intrinsik ikut turun.

**b. Pengaruh Konsentrasi Terminator**

Hasil analisa viskositas pada *starch-g-polyacrylamide* untuk variable terminator dapat dilihat pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 pengaruh konsentrasi terminator terhadap viskositas intrinsik

Variabel Tetap Konsentrasi Inisiator	Konsentrasi Terminator (M)	Viskositas Intrinsik (dl/gram)	Berat Molekul
0,27 M	0,00186	3,1713	11.853.072,25
	0,002271	3,4992	13.758.640,87
	0,002725	3,6425	14.621.294,68
	0,003179	3,8835	16.111.761,54
	0,003633	6,337	33.834.187,30
	0,004087	4,1147	17.587.165,66
	0,004541	3,9758	16.695.499,59

Konsentrasi *terminator* berpengaruh pada peningkatan nilai viskositas intrinsik *starch-g-polyacrylamide*. Viskositas intrinsik menyatakan berat molekul dari rantai graf *polyacrylamide*. Konsentrasi *terminator* semakin tinggi maka berat molekul semakin tinggi. Pengaruh konsentrasi *terminator* terhadap viskositas intrinsik ditunjukkan dalam Tabel 4.2. Viskositas intrinsik naik hingga konsentrasi terminator 0,003633 M, kemudian viskositas intrinsik mengalami penurunan. Kenaikan viskositas disebabkan oleh semakin banyaknya ketersediaan terminator maka maka semakin panjang

makroradikal yang diterminasi. Setelah konsentrasi 0,003633 M terjadi penurunan nilai viskositas. Penurunan viskositas ini terjadi karena turunya berat pada *starch-g-polyacrylamide* akibat konsentrasi terminator berlebih. Hal ini dikarenakan konsentrasi terminator berlebihan dapat mengakibatkan degradasi molekul–molekul rantai *polyacrylamide* semakin cepat, sehingga rantai *acrilamide* tumbuh pada starch terbentuk cenderung berukuran semakin kecil. Hal ini akan menyebabkan swelling pada backbone starch sehingga ujung rantai polimer yang aktif semakin susah bereaksi, akibatnya laju reaksi polimerisasi menurun.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **V.1 KESIMPULAN**

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil uji FTIR dari *starch-g-polyacrylamide* dengan metode grafting to melalui teknik polimerisasi larutan telah terbukti bahwa *starch-g-polyacrylamide* merupakan hasil kopolimer dari *starch* dan *polyacrylamide*. Sementara dari hasil uji XRD terbukti bahwa *starch-g-polyacrylamide* merupakan padatan amorf dan hasil DSC menunjukka *starch-g-polyacrylamide* memiliki temperatur melting ( $T_m$ ) pada 158,59 °C. Hasil SEM menunjukkan bahwa *starch-g-polyacrylamide* memiliki permukaan hasil perpaduan *starch* dan *polyacrylamide*.
2. Pada sintesa *starch-g-polyacrylamide* menggunakan metode grafting to antara *non terminated- polyacrylamide* dengan *starch* melalui teknik polimerisasi larutan diperoleh hasil:
  - a. Kenaikan konsentrasi inisiator menyebabkan %GE cenderung naik hingga nilai maksimum pada konsentrasi inisiator 0,162 M. Sementara %GY juga naik hingga nilai maksimum pada konsentrasi inisiator 0,216 M. Sedangkan viskositas intrinsik mengalami kenaikan sampai konsentrasi inisiator 0,162 M kemudian mengalami penurunan untuk produk cair maupun padat.
  - b. Kenaikan konsentrasi terminator menyebabkan %GE, %GY cenderung mengalami kenaikan hingga nilai maksimal pada konsentrasi 0,003633 M kemudian mengalami penurunan. Sedangkan viskositas intrinsik mengalami kenaikan sampai konsentrasi terminator 0,003633 M kemudian mengalami penurunan untuk produk cair maupun padat.

## **V.2 SARAN**

1. Perlunya pengontrolan yang ketat pada kondisi operasi agar didapatkan hasil yang lebih konsisten.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang sintesa *starch-g-polyacrylamide* pada jenis *starch* berbeda.
3. Perlu dilakukan penelitian penggunaan senyawa inisiator dan terminator berbeda pada sintesa *starch-g-polyacrylamide* untuk memperoleh efisiensi terbaik.
4. Perlu dilakukan penelitian pengaruh radiasi sinar tampak pada %GE dan %GY untuk sintesa *starch-g-polyacrylamide*.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ainiyah, dkk., 2006, "*Pembuatan Flokulan Non-Ionik dari Starch dan Acrylamide dengan Metode Grafting to serta Uji Karakteristik Flokulasinya*", Teknik Kimia ITS, Surabaya.
- Aravindakshan, P, dkk. , 1997, "Matrix-Induced Variation in Kinetics and Control of Molecular Weight of methacrylic Acid Polymers During Graft Copolymerization with Starch", Hindustan Lever Research Center.
- Desmukh, S.R., dkk., 1991, "*Drag Reduction Efficiency, Shear Stability and Biodegradability Resistance of Carboxymethylcellulose based and Starch Based Graft Copolymers*", Journal of Applied polymer Science, vol.43, pp.1091.
- Fares, M., El-Faqeeh, A.S.,and Osman, M.E., 2003, " *Graft Copolymerization onto Starch and Optimization of Starch Grafted with N-tert-Butylacrylamide Copolymer and Its Hydrogels* ", Journal of Polymer Research 10,pp. 119-125.
- Hernandez,J.,dkk., 1997, "*Inverse-Emulsion Copolymerization of Acrylamide using Block Copolymeric Surfactants: Mechanism, Kinetics and Modelling*", Polymer 38, pp.437-447.
- Indriati, Roika & Triastutik, Erna, 2005, "*Pembuatan Flokulan Non-ionik dari Starch dan Acrylamide dengan Metode Grafting to serta Uji Karakteristik Flokulasinya*", Teknik Kimia ITS, Surabaya.
- Jyoth, Alummoottil N., 2009, "*Effect of Graft-Copolymerization with Poly(acrylamide) on Rheological and Thermal Properties of Cassava Starch*", Journal of Applied Polymer Science, Vol. 116, pp. 337–346.
- Kumar, A. & Gupta, R.K., 1998, "*Fundamental of Polymer*", McGraw Hill International Edition.

- Kusumawati, Erny, 2006, “Pembuatan flokulan Non-Ionik dari Starch dan Acrylamide dengan Metode Grafting to”, Teknik Kimia ITS, Surabaya.
- Kaavessina, Mujtahid dkk., 2015, “*Pembuatan Bioflokulan dari Pati Talas (*Colocasia esculenta* l. schoott) dan Polyacrilamide dengan Metode Pencangkakan (Grafting)*”, Jurnal Ekuilibriumi, Vol. 14. Hal. 45 – 50
- Lu, Saojie., et al. ,2003, “*A Study on Preparation and Thickening Efficiency of an Inverse Emulsion of Anionic Starch-graft-Polyacrylamide*”, Stacrh/Stark. 55, pp. 518-523.
- Millati, Nuril & Rahayu, Dina S., 2005, “*Sintesa Starch Graft Polyacrylamide sebagai Flokulant dengan Metode Grafting from dan Grafting to dan Uji Karakteristik Flokulasinya*”, Teknik Kimia ITS, Surabaya.
- Mishra, R., K.,. 2007, “*Graft Copolymerization of Pectin with Polyacrylamide, Polymer-Plastics Technology and Engineering*”, Vol. 46, pp. 1079–1085.
- Moudgil, B.M. & Behl, S., 1995, “*Flocculation in Solid-Liquid Separation Processes*”, Flotation Science and Engineering, Marcel Dekker, New York, pp. 415-439.
- Nayak, B.R., Biswal, D.R., Karmakar, N.C., Singh, R.P., 2002, “*Grafted Hydroxypropyl Guar gum : Development, Characterization and Application as Flocculating Agent*”, Bull. Material Science, Vol. 25, No. 26., pp. 537-540.
- Nurmasari, I dan Sulistio, A., 2004, “*Kopolimerisasi graft dari Polyacrylamide pada starch dan Karakteristik Flokulasinya*”, Teknik Kimia ITS, Surabaya.
- Odion, G., 1991, “*Principles of Polymerization*”, 3<sup>rd</sup> ed, John Wiley and Sons Inc.
- Priambodo, Rendi & Rozi, Fachrur, 2004, “*Sintesa Starch-g-Polyacrylamide dengan Teknik Polimerisasi Larutan dan Karakteristik Flokulasinya*”, teknik Kimia ITS, Surabaya.



- Rath, S.K., & Singh, R.P., 1997, “ *Flocculation Characteristic of Grafted and Ungrafted Starch, Amylose, and Amylopectin* ”, Journal of Polymer Science, Vol. 66, pp. 1721-1729.
- Rath, S.K., & Singh, R.P., 1998, “*Grafted amylopectin : Applications in Flocculation*”, Elsevier Science, pp 129-135.
- Razik, El Sayed A. Abdel, 2015. “*Graft Copolymerization of Acrylamide onto Corn Starch Using Mohr's Salt/Hydrogen Peroxide Redox System in Aqueous Media under Visible Light*”. International Journal of Modern Organic Chemistry, Vol. 1, pp.1-17.
- Silvianita. S., dkk, 2004, “*Sintesa Starch-g-Polyacrylamide sebagai Flokulan dengan Metode Grafting dan Uji Karakteristik Flokulasinya*”, Teknik Kimia ITS, Surabaya.
- Singh, R.P., dkk, 2000, “*Novel biodegradable Flocculant Based on Polysaccharides*”, Current Science, vol.78, pp.798-802.
- Singh, Rakesh , 2010, “*Synthesis, Characterization And Rheological Properties Of Guaran Grafted Polyacrylamide (G-G-Pam) Copolymer*”, International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology, Vol. 1, pp.807-812.
- Simamora, Lelywaty & Rachmawati, Maulidia, 2006, “*Pembuatan Flokulan Non-Ionik dari Starch dan Acrylamide dengan Metode Grafting to serta Uji Karakteristik Flokulasinya*”, Teknik Kimia ITS, Surabaya.
- Stevens, M.P., 2001, “*Kimia Polimer*”, P.T.Pradnya Paramita, cetakan pertama, Jakarta.
- Tripathy, T, dkk, 1998, “ *Novel Flocculating Agent Based On Sodium Alginate and Acrylamide*”, European Polymer Journal, vol.35, pp. 2057 - 2072.

- Tripathy, T. & Singh, R.P., 2001, “ *Characterization of Polyacrylamide Grafted Sodium Alginate: a Novel Polymeric Flocculant*”, Journal of Applied Polymer Science, vol.81, pp. 3269 - 3308.
- Todica, Mihai, 2016, “*XRD Investigation of Some Thermal Degraded Starch Based Materials*”, Journal of Spectroscopy, Vol. 20, pp. 16 -21
- Ward, Jennifer H.; Furman, Kimberly; Peppas, Nicholas A., 2003, “*Effect of Monomer Type and Dangling End Size on Polymer Network Synthesis*”, Journal of Applied Polymer Science, vol.89, pp.3506-3519.
- Warren, Frederick J., 2016, “*Infrared Spectroscopy As A Tool To Characterise Starch Ordered Structure—A Joint FTIR–ATR, NMR, XRD and DSC Study*”, Journal of Carbohydrate Polymers. Vol. 139, pp. 35–42.
- Willett, J. L., Finkenstadt, V. L., 2005, “*Initiator Effects in Reactive Extrusion of Starch–Polyacrylamide Graft Copolymers*”, Journal of Applied Polymer Science, Vol. 99, pp. 52–58.
- Zou, Wei dkk., 2012, “*Synthesis and Characterization of Biodegradable Starch-Polyacrylamide Graft Copolymers Using Starches with Different Microstructures*”, Journal of Polymer Environment, Vol. 21, pp: 359–365

## LAMPIRAN A APPENDIKS

### A. Sintesa *St-g-PAM*

1. Membuat Larutan *Starch*.

Mol *starch* = 0,0154 mol

1 mol AGU (*Anhydroglucose Unit*) = 162 gram/mol

Berat *starch* = 0,0154 mol x 162 gram/mol AGU = 2,5 gram

Jadi *starch* yang harus dilarutkan adalah sebanyak 2,5 gram dalam 100 mL aquades.

2. Membuat Larutan Monomer *Acrylamide*.

BM *Acrylamide* = 70,18 gram/mol

Mol yang dibutuhkan = 0,096 mol

Berat *Acrylamide* = 0,096 mol x 70,18 gram/mol = 6,737 gram

Jadi *Acrylamide* yang harus dilarutkan adalah sebanyak 6,737 gram dalam 100 mL aquades.

3. Membuat Larutan  $K_2S_2O_8$  0,27 M

BM  $K_2S_2O_8$  = 270,3 gram/mol

Mol  $K_2S_2O_8$  = 0,27 mol / L x 0,1 L = 0,027 mol

Berat  $K_2S_2O_8$  = 0,027 mol x 270,3 gram/mol = 7,2981 gram

Jadi  $K_2S_2O_8$  yang harus dilarutkan adalah sebanyak 7,2981 gram dalam 100 mL aquades.

4. Membuat Larutan TMEDA 0,27 M

BM TMEDA = 116 gram/mol

Berat jenis TMEDA = 0,78 Kg/L = 0,78 gram/mL

Mol TMEDA = 0,27 mol/L x 0,1 L = 0,027 mol

Berat TMEDA = 0,027 mol x 116 gram/mol = 3,132 gram

$$\text{Volume TMEDA} = \frac{3,32 \text{ gram}}{0,78 \text{ gram/mL}}$$

$$= 4,0154 \text{ mL}$$

Jadi TMEDA yang harus dilarutkan adalah sebanyak 4,0154 mL dalam 100 mL aquades.

5. Membuat Larutan Hidroquinone  $4,087 \cdot 10^{-3}$  M

BM Hidroquinone = 110,11 gram/mol

Mol Hydroquinone =  $4,087 \cdot 10^{-3} \text{ mol} / \text{L} \times 0.1 \text{ L} = 0,4087 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

Berat Hydroquinone =  $0,4087 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \times 110,11 \text{ gram/mol} = 0,045 \text{ gram}$

Jadi Hydroquinone yang harus dilarutkan adalah sebanyak 0,045 gram dalam 100 mL aquades.

## **B. Karakterisasi *St-g-PAM***

1. Membuat Larutan HCl 0.5 M

Berat jenis HCl =  $1,19 \text{ Kg/L} = 1,19 \text{ gram/mL}$

BM HCl =  $36,5 \text{ gram/mol}$

Volume HCl 0,5 M =  $1 \text{ L}$

Mol HCl =  $0,5 \text{ mol} / \text{L} \times 1 \text{ L} = 0.5 \text{ mol}$

Berat HCl =  $0,5 \text{ mol} \times 36,5 \text{ gram/mol} = 18,25 \text{ gram}$

Volume HCl =  $\frac{18,5 \text{ gram}}{1,19 \text{ gram/mL}} = 15,336 \text{ mL}$

Melarutkan HCl sebanyak 15,336 mL dalam aquades sampai volumenya mencapai 1 liter.

2. Membuat Larutan  $\text{NaNO}_3$  1 M

BM  $\text{NaNO}_3$  =  $84,99 \text{ gram/mol}$

Mol  $\text{NaNO}_3$  =  $1 \text{ mol/L} \times 1 \text{ L} = 1 \text{ mol}$

Berat  $\text{NaNO}_3$  =  $1 \text{ mol} \times 84,99 \text{ gram/mol} = 84,99 \text{ gram}$

Melarutkan  $\text{NaNO}_3$  sebanyak 84,99 gram dalam aquades sampai volumenya mencapai 1 liter.

## LAMPIRAN B

### DATA PERCOBAAN DAN PERHITUNGAN

#### 1. %GE dan %GY

Dengan :

$W_1$  = Berat *Starch* (gram)

$W_2$  = Berat produk St-g-PAM (gram)

$W_3$  = Berat *Acrylamide* (gram)

$W_4$  = Berat *Starch* yang tergrafting (gram)

$W_5$  = Berat hasil presipitasi analisa %GY (gram)

$W_6$  = Berat kertas saring (gram)

$W_7$  = Berat hasil presipitasi + kertas saring (gram)

$W_8$  = Berat produk yang dianalisa %GY (gram)

Tabel B.1.1. Perhitungan %GE dan %GY untuk Variabel  
Konsentrasi Inisiator

Konsentrasi Inisiator (M)	W1	W2	W3	%GE	W4	W5	W6	W7	W8	%GY
0,054	2,5	3,6731	6,8	17,25	0,669	0,409	2,282	2,691	0,5	44,1852
0,1	2,5	3,7708	6,8	18,69	0,249	0,467	2,345	2,812	0,5	51,793
0,108	2,5	3,7734	6,8	18,73	0,219	0,471	2,315	2,786	0,5	52,2727
0,162	2,5	4,5641	6,8	30,35	0,511	0,444	2,432	2,876	0,5	59,6018
0,216	2,5	4,3865	6,8	27,74	0,219	0,475	2,281	2,756	0,5	61,282
0,27	2,5	4,2657	6,8	25,97	0,179	0,479	2,224	2,703	0,5	60,0962
0,324	2,5	4,2224	6,8	25,33	0,329	0,461	2,308	2,769	0,5	57,2508

**Tabel B.1.2. Perhitungan %GE dan %GY untuk Variabel  
Konsentrasi Terminator**

Konsentrasi Terminator (M)	W1	W2	W3	%GE	W4	W5	W6	W7	W8	%GY
0,00186	2,5	3,6339	6,8	16,68	0,589	0,419	2,162	2,581	0,5	44,7825
0,002271	2,5	3,7877	6,8	18,94	0,189	0,475	2,362	2,837	0,5	52,9164
0,002725	2,5	3,9686	6,8	21,6	0,254	0,468	2,423	2,891	0,5	54,6266
0,003179	2,5	3,9876	6,8	21,88	0,183	0,477	2,321	2,798	0,5	55,9437
0,003633	2,5	4,4811	6,8	29,13	0,636	0,429	2,443	2,872	0,5	56,5409
0,004087	2,5	4,2183	6,8	25,27	0,38	0,455	2,436	2,891	0,5	56,4508
0,004541	2,5	4,1374	6,8	24,08	0,662	0,42	2,217	2,637	0,5	51,1091

## **2. Viscositas Instrinsik**

### **2.1. Viscositas Instrinsik St-g-PAM pada konsentrasi inisiator**

**Tabel B.2.1.1. Hasil pengukuran waktu untuk variabel konsentrasi inisiator**

c ( g/dl )	t (s)						
	Konsentrasi Inisiator (M)						
	0,054	0,1	0,108	0,162	0,216	0,27	0,324
0	190,54	190,54	190,54	190,54	190,54	190,54	190,54
	191,31	191,31	191,31	191,31	191,31	191,31	191,31
	191,26	191,26	191,26	191,26	191,26	191,26	191,26
	190,09	190,09	190,09	190,09	190,09	190,09	190,09
	191,55	191,55	191,55	191,55	191,55	191,55	191,55
<b>rata-rata</b>	190,95	190,95	190,95	190,95	190,95	190,95	190,95
<b>0,01</b>	197,47	198,27	198,38	204,42	199,39	198,38	198,47
	197,62	198,16	198,5	204,94	199,35	198,46	197,46
	197,54	198,32	198,71	204,21	199,41	198,51	198,71
	197,43	198,72	199,17	204,37	199,17	198,66	197,56

	197,72	198,24	199,32	204,62	199,32	198,53	198,83
<b>rata-rata</b>	197,556	198,342	198,816	204,512	199,328	198,508	198,206
<b>0,02</b>	197,77	198,38	199,9	204,39	199,89	198,42	198,79
	197,56	198,5	198,68	204,48	199,88	198,88	197,78
	198,21	198,71	198,96	204,56	198,96	198,66	198,26
	197,64	198,17	199,16	204,56	201,16	198,56	198,76
	199,02	198,32	199,15	205,55	199,85	198,55	197,75
<b>rata-rata</b>	198,04	198,416	199,17	204,708	199,948	198,614	198,268
<b>0,03</b>	198,83	198,89	199,89	205,29	199,49	198,69	198,65
	198,73	198,68	199,97	204,27	199,97	199,21	198,81
	198,92	198,96	199,67	204,34	200,27	199,23	198,67
	198,44	198,16	199,86	205,46	199,56	199,16	198,86
	198,72	198,15	199,88	204,48	200,31	198,89	198,81
<b>rata-rata</b>	198,728	198,568	199,854	204,768	199,92	199,036	198,76
<b>0,04</b>	198,76	199,09	199,88	205,18	199,89	199,58	198,98
	199,81	199,97	199,76	206,05	200,94	199,55	198,95
	199,43	199,67	200,89	205,89	200,94	199,46	198,39
	199,32	199,86	201,29	205,54	199,96	199,43	198,84
	199,44	198,88	202,12	205,21	199,85	199,32	199,92
<b>rata-rata</b>	199,352	199,494	200,788	205,574	200,316	199,468	199,016
<b>0,05</b>	199,45	199,98	201,03	205,43	201,19	199,49	198,48
	199,71	199,95	202,04	205,55	201,27	199,31	199,35
	199,64	199,89	201,98	205,59	201,24	199,57	198,89
	199,97	199,94	203,17	205,64	200,98	199,56	198,94
	199,41	199,12	201,91	206,52	201,81	199,41	199,22
<b>rata-rata</b>	199,636	199,776	202,026	205,746	201,298	199,468	198,976

Tabel B.2.1.2. Hasil perhitungan viscositas *inherent* untuk konsentrasi inisiator 0,054 M

c (g/dl)	t (s)	$\eta$ relatif	$\eta$ spesifik	$\eta$ reduced	$\eta$ inherent
0	190,95	1			
0,01	197,56	1,0345954	0,034595444	3,459544383	3,401047478
0,02	198,04	1,0371301	0,037130139	1,856506939	1,822870841
0,03	198,73	1,0407332	0,040733176	1,357772541	1,330848064
0,04	199,35	1,044001	0,044001047	1,100026185	1,076512318

Tabel B.2.1.3. Hasil perhitungan viscositas *inherent* untuk konsentrasi inisiator 0,1 M

c (g/dl)	t (s)	$\eta$ relatif	$\eta$ spesifik	$\eta$ reduced	$\eta$ inherent
0	190,95	1			
0,01	198,34	1,0387117	0,038711705	3,871170463	3,798119973
0,02	198,42	1,0390992	0,039099241	1,954962032	1,917711154
0,03	198,57	1,0398953	0,039895261	1,329842018	1,303999902
0,04	199,49	1,0447447	0,044744698	1,118617439	1,094313675
0,05	199,78	1,0462215	0,046221524	0,924430479	0,903702504



Tabel B.2.1.4. Hasil perhitungan viscositas *inherent* pada konsentasi inisiator 0,108 M

c (g/dl)	t (s)	$\eta$ relatif	$\eta$ spesifik	$\eta$ reduced	$\eta$ inherent
0	190,95	1			
0,01	198,82	1,041194	0,04119403	4,119402985	4,036816021
0,02	199,17	1,0430479	0,043047918	2,152395915	2,107355886
0,03	199,85	1,04663	0,046630008	1,554333595	1,519182877
0,04	202,12	1,058497	0,058496989	1,462424719	1,421249169
0,05	202,03	1,0580047	0,058004713	1,160094266	1,127695766

Tabel B.2.1.5. Hasil perhitungan viscositas *inherent* pada konsentasi inisiator 0,162 M

c (g/dl)	t (s)	$\eta$ relatif	$\eta$ spesifik	$\eta$ reduced	$\eta$ inherent
0	190,95	1			
0,01	204,51	1,0710238	0,071023828	7,102382823	6,86150398
0,02	204,71	1,0720503	0,072050275	3,602513747	3,478647991
0,03	204,77	1,0723645	0,072364493	2,412149777	2,328867243
0,04	205,57	1,0765855	0,076585494	1,91463734	1,844861319
0,05	205,75	1,0774863	0,077486253	1,549725059	1,492615693

Tabel B.2.1.6. Hasil perhitungan viscositas *inherent* pada konsentasi inisiator 0,216 M

c (g/dl)	t (s)	$\eta$ relatif	$\eta$ spesifik	$\eta$ reduced	$\eta$ inherent
0	190,95	1			
0,01	199,32	1,0438335	0,043833464	4,383346426	4,289995974
0,02	199,95	1,0471223	0,047122283	2,356114166	2,302285954
0,03	199,92	1,0469756	0,046975648	1,565854936	1,530189095
0,04	200,32	1,0490495	0,049049489	1,226237235	1,19711265
0,05	201,30	1,0541922	0,054192197	1,083843938	1,05549567

Tabel B.2.1.7. Hasil perhitungan viscositas *inherent* untuk konsentasi inisiator 0,27 M

c (g/dl)	t (s)	$\eta$ relatif	$\eta$ spesifik	$\eta$ reduced	$\eta$ inherent
0	190,95	1			
0,01	198,51	1,039581	0,039581042	3,958104216	3,881778791
0,02	198,61	1,0401362	0,040136161	2,006808065	1,967581445
0,03	199,04	1,0423462	0,042346164	1,411538797	1,382469974
0,04	199,47	1,0446085	0,044608536	1,115213407	1,09105522
0,05	199,47	1,0446085	0,044608536	0,892170725	0,872844176

Tabel B.2.1.8. Hasil perhitungan viscositas *inherent* pada konsentasi inisiator 0,324 M

c (g/dl)	t (s)	$\eta$ relatif	$\eta$ spesifik	$\eta$ reduced	$\eta$ inherent
0	190,95	1			
0,01	198,21	1,0379995	0,037999476	3,79994763	3,729528022
0,02	198,27	1,0383242	0,038324169	1,916208432	1,880401859
0,03	198,76	1,0409008	0,040900759	1,363358645	1,336215102
0,04	199,02	1,0422414	0,042241424	1,056035611	1,034340246
0,05	198,98	1,0420319	0,042031946	0,840638911	0,823452015

Tabel B 2.1.9. Viscositas instrinsik untuk variabel konsentrasi inisiator

Variabel Tetap Konsentrasi Terminator (hydroquinon)	Variabel Berubah Konsentrasi Inisiator (M)	Viskositas	Berat Molekul
0,003 M	0,054	3,4349	13.377.393,21
	0,1	3,7872	15.510.299,85
	0,108	3,9938	16.810.158,88
	0,162	6,9128	38.599.657,73
	0,216	4,3473	19.115.244,01
	0,27	3,3964	13.150.868,15
	0,324	3,2433	12.263.186,91

## 2.2. Viscositas Instrinsik St-g-PAM pada konsentrasi terminator

Tabel B.2.2.1. Hasil pengukuran waktu untuk variabel konsentrasi terminator

c ( g/dl )	t (s)						
	Konsentrasi Terminator (M)						
	0,00186	0,002271	0,002725	0,003179	0,003633	0,004087	0,004541
0	190,54	190,54	190,54	190,54	190,54	190,54	190,54
	191,31	191,31	191,31	191,31	191,31	191,31	191,31
	191,26	191,26	191,26	191,26	191,26	191,26	191,26
	190,09	190,09	190,09	190,09	190,09	190,09	190,09
	191,55	191,55	191,55	191,55	191,55	191,55	191,55
<b>rata-rata</b>	190,95	190,95	190,95	190,95	190,95	190,95	190,95
<b>0,01</b>	197,47	197,67	197,68	198,38	203,52	198,86	198,87
	196,62	196,86	197,87	198,5	203,44	198,82	198,64
	197,34	196,82	197,91	198,71	203,28	198,64	198,62
	197,43	196,85	197,97	198,17	203,47	198,63	198,74
	196,92	196,74	197,82	198,32	203,42	198,82	198,84
<b>rata-rata</b>	197,156	196,988	197,85	198,416	203,426	198,754	198,742
<b>0,02</b>	196,77	197,76	198,39	198,89	202,83	199,71	198,69
	196,86	197,6	198,48	198,68	203,38	199,66	198,55
	197,21	197,71	198,36	198,96	203,56	199,81	198,41
	197,44	197,67	198,16	198,78	203,36	199,84	198,77
	197,26	198,07	198,37	198,65	203,45	199,62	198,68
<b>rata-rata</b>	197,108	197,762	198,352	198,792	203,316	199,728	198,62
<b>0,03</b>	197,83	197,89	199,09	198,99	203,79	199,93	198,78
	198,73	197,68	198,97	198,87	203,87	199,74	198,79
	197,92	197,96	198,67	198,67	203,84	199,81	198,86
	196,44	197,76	198,86	198,86	203,86	199,74	198,66

	196,72	197,75	198,88	198,88	203,88	199,72	198,65
<b>rata-rata</b>	197,528	197,808	198,894	198,854	203,848	199,788	198,748
<b>0,04</b>	197,76	197,89	199,34	198,84	204,27	199,86	199,53
	197,81	197,97	198,91	200,4	204,36	199,63	199,67
	197,83	197,67	198,93	200,19	204,39	201,13	199,27
	197,72	197,86	198,89	198,29	204,54	199,92	199,36
	197,74	197,88	199,22	198,82	204,21	199,94	199,34
<b>rata-rata</b>	197,772	197,854	199,058	199,308	204,354	200,096	199,434
<b>0,05</b>	198,45	198,98	199,03	200,03	204,63	200,55	199,93
	198,71	198,95	198,81	200,01	204,75	200,81	199,94
	198,64	198,89	198,98	198,87	204,89	200,74	199,9
	198,97	198,94	198,17	199,97	205,04	200,65	199,93
	198,81	198,92	198,81	199,11	204,82	200,71	199,82
<b>rata-rata</b>	198,716	198,936	198,76	199,598	204,826	200,692	199,904

Tabel B.2.2.2. Hasil perhitungan viscositas *inherent* untuk konsentasi terminator 0,00186 M

c (g/dl)	t (s)	$\eta$ relatif	$\eta$ spesifik	$\eta$ reduced	$\eta$ inherent
0	190,95	1			
0,01	197,16	1,0325007	0,032500655	3,250065462	3,198367987
0,02	197,11	1,0322493	0,03224928	1,612463996	1,58700941
0,03	197,53	1,0344488	0,034448809	1,14829362	1,128957759
0,04	197,77	1,0357266	0,03572663	0,89316575	0,877580959
0,05	198,72	1,0406703	0,040670333	0,813406651	0,797301121

Tabel B.2.2.3. Hasil perhitungan viscositas *inherent* untuk konsentasi terminator 0,002271M

c (g/dl)	t (s)	$\eta$ relatif	$\eta$ spesifik	$\eta$ reduced	$\eta$ inherent
0	190,95	1			
0,01	197,76	1,0356743	0,03567426	3,567426028	3,505267382
0,02	197,76	1,0356743	0,03567426	1,783713014	1,752633691
0,03	197,81	1,0359152	0,035915161	1,197172035	1,176174986
0,04	197,85	1,0361561	0,036156062	0,903901545	0,887944282
0,05	198,94	1,0418225		0	0,819431026

Tabel B.2.2.4. Hasil perhitungan viscositas *inherent* untuk konsentasi terminator 0,002725 M

c (g/dl)	t (s)	$\eta$ relatif	$\eta$ spesifik	$\eta$ reduced	$\eta$ inherent
0	190,95	1			
0,01	197,85	1,0361351	0,036135114	3,61351139	3,549755416
0,02	198,39	1,0389631	0,038963079	1,948153967	1,911158834
0,03	198,89	1,0416025	0,041602514	1,386750458	1,358680194
0,04	199,06	1,0424614	0,042461377	1,061534433	1,039615647
0,05	198,76	1,0409008	0,040900759	0,818015187	0,801729061

Tabel B.2.2.5. Hasil perhitungan viscositas *inherent* untuk konsentasi terminator 0,003179 M

c (g/dl)	t (s)	$\eta$ relatif	$\eta$ spesifik	$\eta$ reduced	$\eta$ inherent
0	190,95	1			
0,01	198,42	1,0390992	0,039099241	3,909924064	3,835422309
0,02	198,79	1,0410683	0,041068342	2,053417125	2,012371915
0,03	198,85	1,041393	0,041393035	1,379767828	1,351975781
0,04	199,31	1,0437706	0,043770621	1,094265515	1,070993831
0,05	199,60	1,0452893	0,045289343	0,905786855	0,885874602

Tabel B.2.2.6. Hasil perhitungan viscositas *inherent* untuk konsentasi terminator 0,003633 M

c (g/dl)	t (s)	$\eta$ relatif	$\eta$ spesifik	$\eta$ reduced	$\eta$ inherent
0	190,95	1			
0,01	203,43	1,0653365	0,065336476	6,533647552	6,329068872
0,02	203,32	1,0647604	0,064760408	3,238020424	3,137490265
0,03	203,85	1,0675465	0,067546478	2,251549271	2,178766814
0,04	204,35	1,0701964	0,070196386	1,754909662	1,69605426
0,05	204,83	1,0726682	0,072668238	1,453364755	1,402984491

Tabel B.2.2.7. Hasil perhitungan viscositas *inherent* untuk konsentasi terminator 0,004087 M

c (g/dl)	t (s)	$\eta$ relatif	$\eta$ spesifik	$\eta$ reduced	$\eta$ inherent
0	190,95	1			
0,01	198,75	1,0408693	0,040869338	4,086933752	4,005626545
0,02	199,73	1,0459701	0,045970149	2,298507463	2,247241362
0,03	199,79	1,0462844	0,046284368	1,542812255	1,508173023
0,04	200,10	1,0478974	0,047897355	1,197433883	1,169640943
0,05	200,69	1,0510186	0,051018591	1,020371825	0,995195617

Tabel B.2.2.8. Hasil perhitungan viscositas *inherent* untuk konsentasi terminator 0,004541 M

c (g/dl)	t (s)	$\eta$ relatif	$\eta$ spesifik	$\eta$ reduced	$\eta$ inherent
0	190,95	1			
0,01	198,74	1,0408065	0,040806494	4,080649385	3,999588748
0,02	198,62	1,0401676	0,040167583	2,008379157	1,96909189
0,03	198,75	1,0408379	0,040837916	1,361263856	1,334202564
0,04	199,43	1,0444305	0,044430479	1,11076198	1,086793521
0,05	199,90	1,0468919	0,046891857	0,93783713	0,916512753

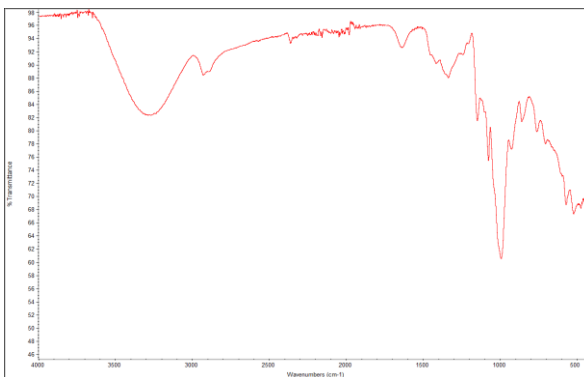


Tabel B 2.2.9. Viscositas instrinsik dan persamaan regresi viscositas inherent untuk variabel konsentrasi terminator

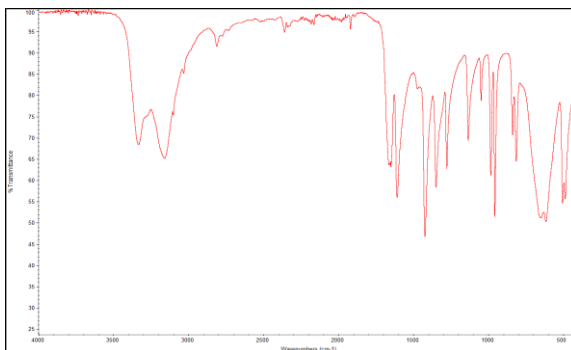
Variabel Tetap Konsentrasi Inisiator	Konsentrasi Terminator (M)	Viskositas Intrinsik (dl/gram)	Berat Molekul
0,27 M	0,00186	3,1713	11.853.072,25
	0,002271	3,4992	13.758.640,87
	0,002725	3,6425	14.621.294,68
	0,003179	3,8835	16.111.761,54
	0,003633	6,337	33.834.187,30
	0,004087	4,1147	17.587.165,66
	0,004541	3,9758	16.695.499,59

Halaman ini sengaja dikosongkan

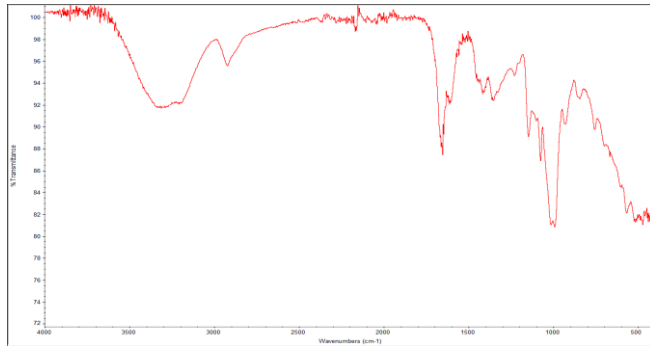
## LAMPIRAN C DATA HASIL ANALISA



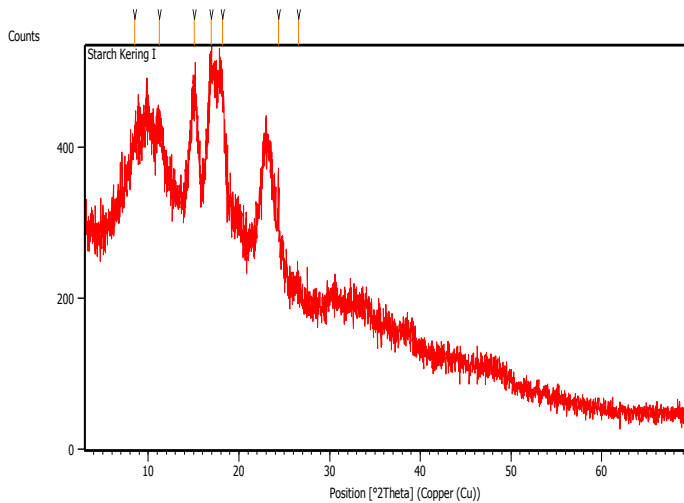
Gambar C.1. Hasil analisa FTIR pada *starch*



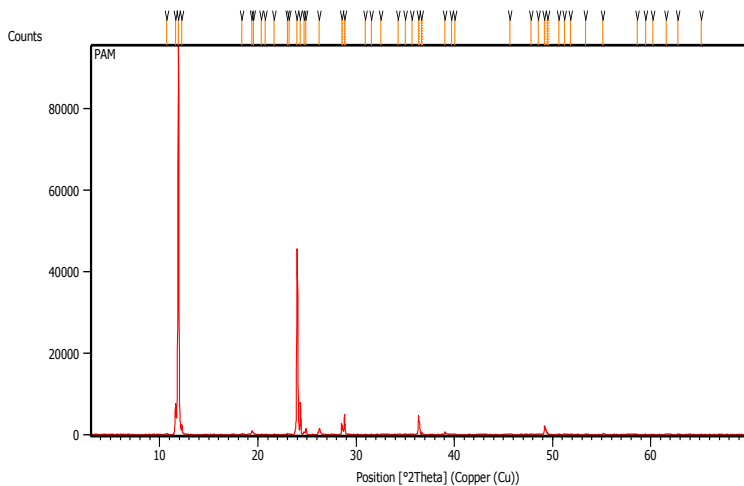
Gambar C.2. Hasil analisa FTIR pada *polyacrylamide*



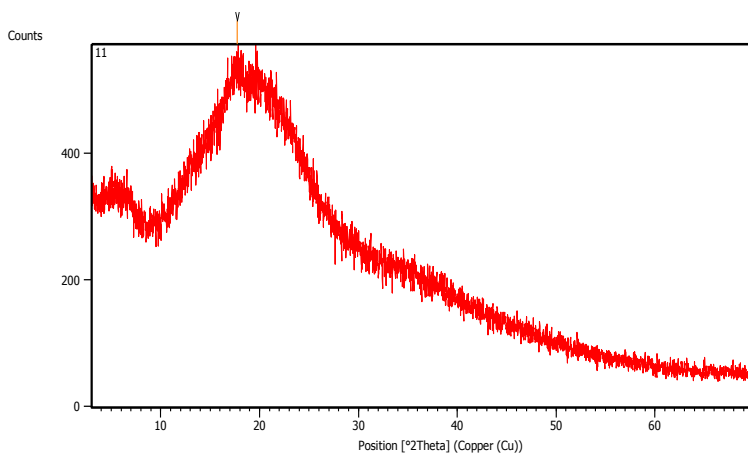
Gambar C.3. Hasil analisa FTIR *starch-g-polyacrylamide*



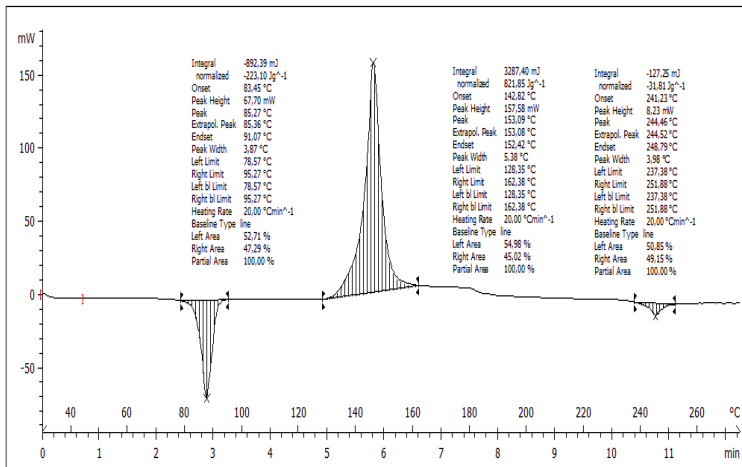
Gambar C.4. Hasil analisa XRD pada *starch*



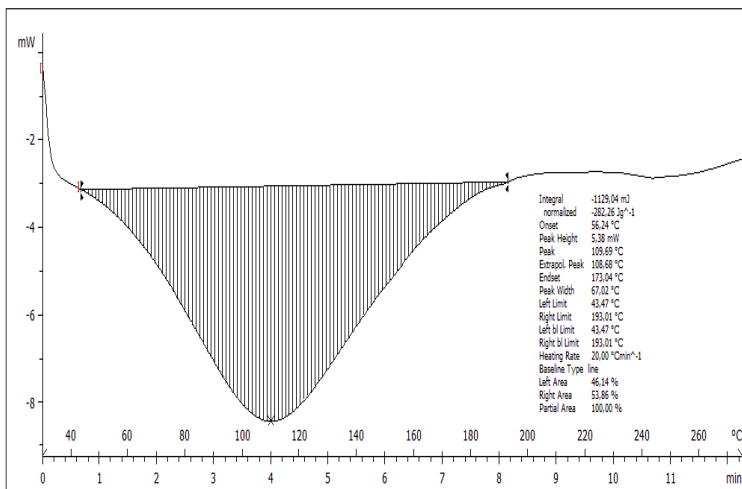
Gambar C.5. Hasil analisa XRD pada *polyacrylamide*



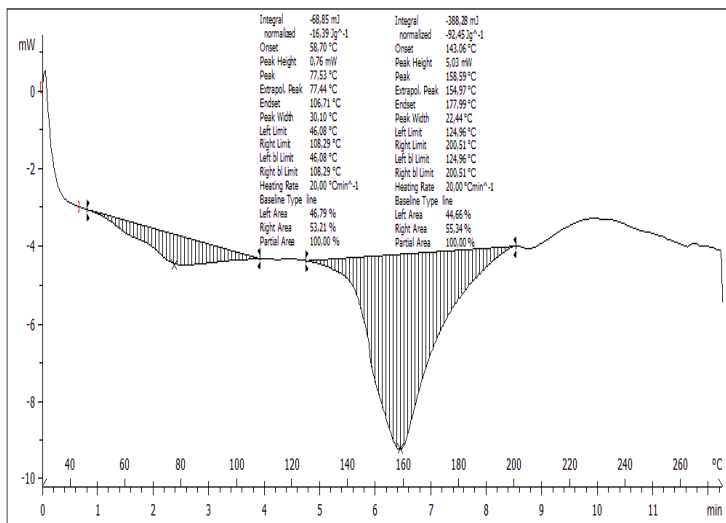
Gambar C.6. Hasil analisa XRD pada *starch-g-polyacrylamide*



Gambar C.7. Hasil analisa DSC pada *starch*



Gambar C.8. Hasil analisa DSC pada *polyacrylamide*



Gambar C.9. Hasil analisa DSC *starch-g-polyacrylamide*

Halaman ini sengaja dikosongkan



## BIODATA PENULIS



Penulis bernama Akhmat Fauzi yang dilahirkan di Pasuruan, 24 Januari 1992, anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SDN 1 Toyaning, kemudian melanjutkan pendidikannya ke SMPN 1 Grati. Jenjang pendidikan SMA ditempuh di SMAN 1 Grati jurusan IPA. Penulis diterima di jurusan Teknik Kimia ITS melalui jalur ujian Seleksi Masuk Perguruan Tinggi Nasional (SMPTN) tahun 2012. Kerja Praktek dilakukan oleh penulis di PT. Pupuk Kaltim Tbk tahun 2016 dan menyelesaikan skripsi di Laboratorium Teknologi Material tahun 2017. Seorang penulis lepas seperti artikel ilmiah, cerpen, opini, dan esai. Aktif dalam gerakan mahasiswa ekstra kampus. Selain sebagai penulis, juga aktif dalam organisasi kampus. Organisasi yang pernah digeluti antara lain JMMI (Jamaah Masjid Manarul Ilmi), HMI (Himpunan Mahasiswa Islam) dan EMISIVITY.

Email : uziachmat@gmail.com